

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN



FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

OBTENCIÓN DE AJO (*Allium sativum* L.) EN POLVO Y SU
EVALUACIÓN EN ALMACENAMIENTO

TESIS

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por la Bachiller:

LADY ARCE ARBILDO

TARAPOTO - PERÚ
2006



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN



FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

OBTENCIÓN DE AJO (*Allium sativum* L.) EN POLVO Y SU EVALUACIÓN EN ALMACENAMIENTO

TESIS

Para optar por el título profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por la bachiller

LADY ARCE ARBILDO

TARAPOTO - PERÚ

2006

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**OBTENCIÓN DE AJO (*Allium sativum* L.) EN POLVO Y
SU EVALUACIÓN EN ALMACENAMIENTO**

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL


Presentada por la bachiller

LADY ARCE ARBILDO

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:


Ing. MSc. EPIFANIO MARTINEZ MENA
PRESIDENTE


Ing. MSc. EULER NAVARRO PINEDO
SECRETARIO


Ing. MSc. ABNER FELIX OBREGÓN LUJERIO
MIEMBRO


Dra. MARI LUZ MEDINA VIVANCO
ASESORA

TARAPOTO

- PERÚ

2006

DEDICATORIA

A Dios por darme su amor y sabiduría. Todo
lo que soy y tengo es gracias a Él.

A mis padres: **Rodolfo y Braulia** con todo mi amor y
gratitud por su sacrificio en ayudarme a llegar hasta aquí.

A mis tíos: **Anaximandro y Zacarías**, etc. por su
Confianza, comprensión y constante apoyo.

A mis hermanos: **Wilmer, Alfredo, Lenis, Percy, Yerson, Doris,**
Diana y Jhanely por su motivación para seguir adelante

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A la Prof. **Dra. Mari Luz Medina Vivando**, Docente de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, por sus valiosos consejos y por el constante asesoramiento en el presente trabajo.
- ✓ Al Profesor **Juan Edgar Mamani Cusi**, por su aprecio e invaluable apoyo en todos los aspectos de mi vida.
- ✓ A los docentes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín; por las enseñanzas y orientaciones impartidas durante mi formación profesional.
- ✓ A la técnica **Dolly Flores**, por su colaboración en la ejecución de análisis para el presente trabajo de tesis.
- ✓ Al técnico **Guido Saavedra** por su entera colaboración durante la ejecución del presente trabajo de tesis.
- ✓ A todas aquellas personas incógnitas que colaboraron en forma directa e indirecta durante la ejecución del presente proyecto de tesis.

INDICE	Pag.
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
I. INTRODUCCIÓN	17
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Características generales del ajo	18
2.1.1 Origen	18
2.1.2 Descripción botánica	18
2.1.3 Aspectos botánicos	19
2.1.4 Morfología	19
2.1.4.1 El tallo	19
2.1.4.2 Las raíces	20
2.1.4.3 Las hojas	20
2.1.4.4 Las flores	20
2.1.4.5 Desarrollo del bulbo	21
2.1.5 Madurez fisiológica del ajo	22
2.2 Variedades	23
2.2.1 Variedades cultivadas en el Perú	23
2.3 El ajo como especia	26
2.3.1 Importancia fisiológica del ajo	26
2.4 Distribución del cultivo del ajo	27
2.5 Composición química del ajo	28
2.6 Industrialización del ajo	28
2.6.1 Características del ajo para ser procesado	29
2.6.2 Características del sistema odorífico en el ajo	31

2.6.2.1 Formación enzimática de la alicina	31
2.6.2.2 Efecto de la inactivación de enzimas en la formación del sabor	32
2.7 Productos del ajo y su utilización	33
2.8 Consideraciones técnicas	34
2.8.1 Definición de ajo en polvo	34
2.8.2 Formulación del ajo en polvo	34
2.8.2.1 Dextrina	34
2.8.2.2 Antioxidantes	34
2.8.3 Especificaciones generales para el secado de ajo	34
2.8.3.1 Humedad	34
2.8.3.2 pH	35
2.8.3.3 Medida del color	35
2.8.3.4 Olor y sabor	35
2.9 Secado	36
2.9.1. Velocidad de deshidratado	37
2.9.2 Proceso de deshidratación	37
2.9.3 Deshidratación por aire caliente	38
2.9.4 Periodos de secado	38
2.9.4.1 Factores internos y externos en la deshidratación	40
2.9.5 Cambios físicos y químicos ocurridos durante el secado	41
2.9.5.1 Efectos desfavorables	43
2.9.5.2 Efectos favorables	43
2.9.6.- Factores que influyen en el pardeamiento no enzimático	43
2.9.6.1 El pH	43
2.9.6.2 La temperatura	43

2.10 La adsorción en los alimentos	43
2.10.1 Isotermas de adsorción	44
2.10.1.1 Isotermas de adsorción y estado del agua en los alimentos	45
2.11 El ajo deshidratado	46
2.11.1 Efecto de diferentes métodos de secado sobre la calidad de ajo deshidratado	46
2.11.2 Usos y presentaciones del ajo deshidratado	48
2.11.3 Presentaciones comerciales del ajo deshidratado	48
2.12 Molienda	49
2.12.1 Análisis granulométrico o tamizado	49
2.13 Envasado – almacenado	50
2.13.1 Permeabilidad del vapor de agua	50
2.13.2 Efecto del tipo de empaque y de la temperatura de almacenamiento en la calidad del ajo deshidratado	52
2.14 Evaluación sensorial	54
2.14.1 Selección, entrenamiento y conducción del panel sensorial	54
2.14.1.1 Selección y entrenamiento	54
2.14.1.2 conducción del panel	55
III MATERIALES Y MÉTODOS	56
3.1 Lugar de ejecución	56
3.2 Materia prima	56
3.3 Equipos y materiales utilizados	56
3.3.1 Equipos	56
3.3.2 Materiales	57
3.3.3 Reactivos	57
3.4 Caracterización físico – química.	58

3.4.1 Caracterización física	58
3.4.2 Caracterización química	58
3.4.2.1 Humedad	58
3.4.2.2 Proteína total	58
3.4.2.3 Grasa total	58
3.4.2.4 Ceniza total	58
3.4.2.5 Fibra total	58
3.4.2.6 Carbohidratos totales	58
3.4.2.7 Determinación de pH	58
3.5 Metodología experimental	59
3.5.1 Flujo preliminar de procesamiento	59
3.5.1.1 Selección	59
3.5.1.2 Pesado	59
3.5.1.3 Pelado	59
3.5.1.4 Lavado	59
3.5.1.5 Picado	59
3.5.1.6 Escaldado y estabilizado	61
3.5.1.7 Adición de dextrina	61
3.5.1.8 Secado	61
3.5.1.9 Enfriado	62
3.5.1.10 Molienda	62
3.5.1.11 Tamizado	62
3.5.1.12 Envasado	62
3.5.1.13 Almacenado	62
3.6 Análisis microbiológicos	63

3.7 Evaluación sensorial	63
3.8 Diseño experimental	63
3.9 Análisis físicos del producto final	64
3.9.1 Rendimiento	64
3.9.2 Granulometría	64
3.9.3 Rehidratación	65
3.9.4 Isotermas de adsorción	65
3.9.5 Determinación de difusividad del agua	66
IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	67
4.1 Características de la materia prima	67
4.1.1 Características físicas del ajo fresco	67
4.1.1.1 Rendimiento	68
4.1.2 Análisis químico proximal de ajo fresco	68
4.1.2.1 pH	69
4.1.2.2 Escaldado y estabilización	69
4.2 Proceso de secado y obtención de ajo en polvo	73
4.2.1 Cinéticas de secado de hojuelas de ajo sin dextrina	73
4.2.2.- Efecto de la temperatura	76
4.2.3 Cinética de secado de hojuelas con dextrina	79
4.2.4 Velocidad de secado	83
4.2.4.1 Muestras de ajo sin adición de dextrina	83
4.2.4.2 Muestras de ajo con adición de 5% de dextrina	85
4.2.4.3 Muestras de ajo con adición de con 10% de dextrina	87
4.2.5. Flujograma final de obtención de ajo en polvo	89
4.3.1 Selección	90

4.3.2 Pesado	90
4.3.3 Pelado	90
4.3.4 Lavado	90
4.3.5 Picado	90
4.3.6 Secado	90
4.3.7 Enfriado	90
4.3.8 Molienda	91
4.3.9 Tamizado	91
4.3.10 Envasado	91
4.3.11 Almacenado	91
4.4 Difusividad	91
4.5 Características físicas – químicas del ajo en polvo	94
4.5.1 Análisis granulométrico	94
4.5.2 Rendimiento	95
4.5.3 Rehidratación	96
4.5.4 Características químicas del ajo en polvo	98
4.6.- Evaluación sensorial	99
4.6.1 Valores de humedad, pH y promedios de olor y sabor durante 3 meses de almacenamiento	99
4.7.- Isotermas de adsorción	103
4.8 Análisis microbiológicos	105
V CONCLUSIONES	106
VI RECOMENDACIONES	107
VII.-BIBLIOGRAFÍA	108
VIII.- ANEXOS	112.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01 Escapos de ajo con bulbillos	19
Figura N° 02 Hojas de ajo	20
Figura N° 03 Flor de ajo	20
Figura N° 04 Curva de velocidad de secado	39
Figura N° 05 Secador por flujo de aire caliente	57
Figura N° 06 Flujograma Preliminar para la obtención de ajos (<i>Allium Sativum</i> L.) en polvo	60
Figura N° 07 Variables (*L, *a, *b) que definen el color de ajos estabilizados y secados con ácido ascórbico al 0,1%	71
Figura N° 08 Variables (*L, *a, *b) que definen el color de ajos estabilizados y secados con ácido cítrico al 0,1%	72
Figura N° 09 Cinética de secado a 40 °C con 2, 3 y 4 mm de espesor	74
Figura N° 10 Cinética de secado a 50 °C con 2, 3 y 4 mm de espesor	74
Figura N° 11 Cinética de secado a 60 °C con 2, 3 y 4 mm de espesor	75
Figura N° 12 Cinética de secado a 40, 50 y 60°C y 2 mm de espesor	77
Figura N° 13 Cinética de secado a 40, 50 y 60°C y 3 mm de espesor	77
Figura N° 14 Cinética de secado a 40, 50 y 60°C y 4 mm de espesor	78
Figura N° 15 Influencia de la temperatura de secado y el espesor de las hojuelas en la humedad del ajo después de 5 horas de secado	78
Figura N° 16 Cinética de secado a 40, 50 y 60°C. con 5% de dextrina y 2 mm de espesor	79
Figura N° 17 Cinética de secado a 40, 50 y 60°C. con 5% de dextrina y 3 mm de espesor	80
Figura N° 18 Influencia de la temperatura de secado y el espesor de las hojuelas en la humedad del ajo después de 5 horas de secado con 5% de dextrina	81

Figura N° 19 Cinética de secado a 40, 50 y 60°C. con 10% de dextrina y 2 mm de espesor	82
Figura N° 20 Cinética de secado a 40, 50 y 60°C. con 10% de dextrina y 2 mm de espesor	82
Figura N° 21 Influencia de la temperatura de secado y el espesor de las hojuelas en la humedad del ajo con 10% de dextrina en 5 horas	83
Figura N° 22 Velocidad de secado a 40, 50 y 60°C en hojuelas de ajo de 2 mm de espesor	84
Figura N° 23 Velocidad de secado a 40, 50 y 60°C en hojuelas de ajo de 3 mm de espesor	84
Figura N° 24 Velocidad de secado a 40, 50 y 60°C en hojuelas de ajo de 4 mm de espesor	85
Figura N° 25 Velocidad de secado a 40, 50 y 60°C con 5% de dextrina en hojuelas de ajo de 2 mm de espesor	86
Figura N° 26 Velocidad de secado a 40, 50 y 60°C con 5% de dextrina en hojuelas de ajo de 3 mm de espesor	86
Figura N° 27 Velocidad de secado a 40, 50 y 60°C con 10% de dextrina en hojuelas de ajo de 2 mm de espesor	87
Figura N° 28 Velocidad de secado a 40, 50 y 60°C con 10% de dextrina en hojuelas de ajo de 3 mm de espesor	87
Figura N° 29 Velocidad de secado a 60°C con 0, 5 y 10% de adición de dextrina, con un espesor de 2 mm	88
Figura N° 30 Flujograma final para la obtención de ajo en polvo	89
Figura N° 31 Cinética de secado a 40° C y 2 mm de espesor, curva continua obtenida utilizando la ecuación de Fick.	92
Figura N° 32 Cinética de secado a 50° C y 2 mm de espesor, curva continua obtenida utilizando la ecuación de Fick.	93
Figura N° 33 Cinética de secado a 60° C y 2 mm de espesor, curva continua obtenida utilizando la ecuación de Fick.	93
Figura N° 34 Porcentaje retenido del ajo en polvo en función al tamaño de abertura del tamiz.	95

Figura N° 35	Curva de rehidratación de ajo en polvo sin dextrina	97
Figura N° 36	Curva de rehidratación de ajo en polvo con 5% de dextrina	97
Figura N° 37	Isotermas de Adsorción de ajo en polvo sin dextrina	104
Figura N° 38	Isotermas de Adsorción de ajo n polvo con 5% de dextrina	104

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01 Principales características de ajos cultivados en el Perú	25
Cuadro N° 02 Producción de ajos (TM) por departamentos a nivel nacional	27
Cuadro N° 03 Composición del ajo fresco y pulverizado	28
Cuadro N° 04 Microorganismos y a_w	44
Cuadro N° 05 Actividades de agua y cantidad de sal y agua recomendada para la preparación de soluciones saturadas	46
Cuadro N° 06 Efectos de diferentes métodos de deshidratación de los dientes de ajo enteros sobre la calidad del ajo en polvo	47
Cuadro N° 07 Contenido de Alicina (mg/gr) del ajo fresco y deshidratado	48
Cuadro N° 08 Permeabilidad al oxígeno de empaques a 25 – 30°C	50
Cuadro N° 09 Permeabilidad de varios materiales al vapor de agua a 38°C y 95% de humedad relativa	51
Cuadro N° 10 Efecto del tipo de empaque y T° de almacenamiento	53
Cuadro N° 11 Diseño experimental	64
Cuadro N° 12 Características físicas de los bulbos de ajo	67
Cuadro N° 13 Rendimiento en peso del grano de ajo	68
Cuadro N° 14 Composición química del ajo Valenciano Rosado	69
Cuadro N° 15 Muestra con ácido ascórbico 0,1%	71
Cuadro N° 16 Efecto del ácido cítrico sobre el color del ajo	72
Cuadro N° 17 valores de difusividad calculada por la ecuación de Fick para placa plana	92
Cuadro N° 18 Resultados del análisis granulométrico de ajo en polvo	94
Cuadro N° 19 Rendimiento (en peso) final del producto	96
Cuadro N° 20 Ganancia de peso y humedad respecto al tiempo	96
Cuadro N° 21 Ganancia de peso y humedad con 5% de dextrina	97

Cuadro N° 22 Composición química del ajo Valenciano Rosado	98
Cuadro N° 23 Muestra de ajo sin dextrina	99
Cuadro N° 24 Muestra de ajo con 5% de dextrina	99
Cuadro N° 25 ANVA para los datos del olor del ajo	100
Cuadro N° 26 ANVA para los datos del sabor del ajo	100
Cuadro N° 27 ANVA para los datos del olor del ajo en polvo con un mes de almacenamiento	101
Cuadro N° 28 ANVA para los datos del sabor del ajo en polvo con un mes de almacenamiento	101
Cuadro N° 29 ANVA para los datos del olor del ajo en polvo con dos meses de almacenamiento	102
Cuadro N° 30 ANVA para los datos del sabor del ajo en polvo con dos meses de almacenamiento	102
Cuadro N° 31 ANVA para los datos del olor del ajo en polvo con tres meses de almacenamiento	102
Cuadro N° 32 ANVA para los datos del sabor del ajo en polvo con tres meses de almacenamiento	103
Cuadro N° 33 Valores de las isotermas de adsorción	105
Cuadro N° 34 Análisis microbiológico de ajo en polvo	105

RESUMEN

Este trabajo se realizó en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, siendo los objetivos fueron: *determinar* los parámetros apropiados para la obtención de ajo (*Allium sativum*) en polvo de la variedad "Valenciano Rosado"; *caracterizar* la materia prima y el ajo en polvo y *evaluar* sus características organolépticas durante el almacenamiento en dos tipos de empaques (bilaminado y polietileno de alta densidad). La secuencia para la obtención de ajo en polvo fue: Selección, pesado, lavado, picado, secado, enfriado, molido, tamizado, envasado/sellado y almacenado. El ajo fresco con 4,96% de proteínas y con 61,65 % de humedad fue secado a 40, 50 y 60 °C con espesores de 2, 3 y 4 mm, sin dextrina y con dextrina (5% y 10%) y con velocidad de aire constante de 3 m/s. A través de éstos experimentos se estableció que las condiciones óptimas de secado fueron: Ajo sin dextrina; Temperatura, 60°C y 2 mm de espesor. Durante los dos primeros meses, la evaluación de las características sensoriales (olor y sabor) del ajo en polvo en los dos tipos de empaque, mostró que no hubo diferencias significativas en los atributos olor y sabor. En el tercer mes se pudo observar cambios en el ajo en polvo empacado en polietileno de alta densidad. Debido a su alta permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua, el polietileno de alta densidad permitió el incremento de humedad (b.s.) del 4,7% a 9,5%, produciéndose el compactamiento del producto. El empaque laminado mantuvo la humedad inicial. Los resultados finales del ensayo de ajo en polvo fueron: rendimiento 33%; humedad, 4,7% en base seca; proteína, 16,69%; grasa, 0,69%; fibra, 0,56%; carbohidratos, 73,94% y cenizas, 3,42%; cumpliendo con lo recomendado por la Norma Técnica Francesa NF – V – 026 – 005.

ABSTRAC

This work was carried out in the Agroindustrial Engineering Faculty Laboratories and the objectives were: to obtain the appropriate parameters for getting "Pink Valencian" powder garlic variety; to characterize the raw material and powder garlic and to evaluate its organoleptical characterize during the storage in two different kind of packing (Laminated and high – quality polyethylene). The sequence of the process for getting powder garlic was: selection, weigh, washing, chop, dry, refrigeration, grinding, sieve, bottle, seal and storage. The fresh garlic, with 4,96% of proteins and 61,65% of moisture content, was dried at 40 °C, 50 °C and 60°C; with 2mm, 3mm and 4mm of thickness; with dextrine (5% and 10%) and without dextrine and constant air velocity of 3 m/s. It was established through these experiments that the best conditions for the drying were: Temperature, 60°C, 2mm of thickness and without dextrine. During the first two months in storage showed that there were not significant differences in flavour and smell properties, but in the third month it was able to observe changes due to higher permeability of the high – quality polyethylene's, letting increase the moisture content from 4,7% to 9,5% dry base and compressing the product, but the laminated packing kept the initial humidity. The final results of the powder garlic tests were yield 33%, moisture content 4,7% dry base, crude proteins 16,69%, crude fat 0,69%, fibber 0,56%, carbohydrates 73,94%, ashes 3,42%; keeping the recommended State by the French Technical standard NF – V – 026 – 005.

I.- INTRODUCCIÓN.

El ajo (*Allium sativum*) es una hortaliza bastante usada como condimento en el arte culinario debido a su olor y sabor fuerte; su consumo en el mercado es en estado fresco, en pasta y deshidratado, bajo las formas de gránulos, escamas, hojuelas y en polvo.

En la medicina es bastante utilizado como valioso medicamento para el control de la arteriosclerosis cardiovascular, es antiespasmódico, antiséptico, etc. debido a que contiene azufre, calcio, fósforo, hierro, sodio, potasio; también nos ofrece vitaminas A, B y C (Bewster, 1994). Con todo, para facilitar su utilización es necesario tenerlo en otra presentación, objeto de estudio, que conserve sus cualidades organolépticas.

El cultivo de ajo en el Perú genera una producción bruta anual de más de 6 mil hectáreas y requiere de mil quinientos millones al año para su producción, a esto hay que añadir la riqueza que crea en su entorno, como consecuencia de la adquisición de insumos, transportes, trabajos auxiliares, y servicios complementarios (MINAG, 2003).

El ajo que exporta el Perú a Estados Unidos, Colombia, Venezuela y Ecuador son mayormente de las regiones de Cajamarca, Arequipa, Ayacucho, etc. y para el mismo se necesitan condiciones especiales para su traslado, pues los bulbos cosechados no pueden ser almacenados a temperatura ambiente por periodos mayores a seis meses ya que sufren marcados cambios, afectando de esta manera su calidad para el consumo.

La deshidratación aumenta la vida útil del alimento y disminuye el costo del flete y manipuleo para su transporte, de esta manera el presente trabajo pretende dar solución a los problemas, planteándose los siguientes objetivos:

- Caracterizar el ajo (*Allium sativum* L.) en estudio.
- Determinar los parámetros óptimos de deshidratación del ajo (*Allium sativum* L.).
- Evaluar las características físico-químicas y organolépticas del ajo en polvo durante su almacenamiento.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características generales del ajo.

2.1.1 Origen.

Algunos lo consideran nativo de las templadas zonas del occidente del Asia, mientras otros investigadores mencionan que es de Europa meridional. Lo cierto es que su cultivo se conoce desde la antigüedad y en la actualidad se extiende por toda la zona templada del mundo por sus bondades como medicina y condimento (**Bewster, 1994**).

El ajo es una especie perenne que se cultiva como anual, a través de propagación agámica, debido a que los clones cultivados no producen semillas. El sistema radical es totalmente adventicio a partir del bulbo o "diente" ya que no existen semillas. Las raíces son numerosas, finas (0,5 a 2cm), superficiales (90% en primeros 20 cm de suelo), con escasas ramificaciones secundarias y desprovistas de pelos radicales. El sistema caulinar es erecto, bajo (menor de 1 m) y está compuesto de tallo, unas pocas hojas y, eventualmente de un bulbo y una inflorescencia (**Bewster, 1994**).

2.1.2.- Descripción botánica.

Según **Montes (1966)** la clasificación botánica del ajo es como sigue:

División	: Fanerógama
Subdivisión	: Angiosperma
Clase	: Monocotiledoneas
Orden	: Lilifloras
Familia	: Liliáceas
Subfamilia	: Alioideas
Género	: Allium
Especie	: Sativum

2.1.3.- Aspectos botánicos

El ajo (*Allium sativum*) pertenece a la familia de las Liliáceas, que abarca unas 3.500 especies de plantas herbáceas y árboles. El género *Allium*, al que pertenecen hortalizas tan conocidas como los ajos, las cebollas, las cebolletas, el cebollino y el puerro, es el más importante de esta familia. Muchas de sus especies forman bulbos o engrosamientos subterráneos del tallo y todas ellas son ricas en aceites esenciales sulfurados muy volátiles y picantes (Escaff, 1991).

Según Bewster (1994), la parte comestible o bulbo está constituido por dientes o gajos, que a su vez constituyen el material de propagación o “semilla” del ajo. El desarrollo del tallo de ajo y cebolla es similar, es un disco de pequeña masa cónica que en la madurez forma un callo muy duro de entrenudos muy cortos.

2.1.4.- Morfología

2.1.4.1 El tallo

El ajo suele tener un tallo que asoma por el centro de las hojas. Es hueco, muy rollizo y lampiño y crece desde 40cm a más de 55cm, terminando por las flores. **Escapo** o tallo floral, es un tallo que termina en un receptáculo floral envuelto por una espata caduca, aunque a veces puede quedar cogida a la inflorescencia, formada por una sola pieza (ver Fig. 01), si bien en algunos ecotipos se abre en dos mitades que pueden dar la sensación de que son dos hojas. El escapo es cilíndrico, generalmente macizo, de 40 a más de 100 cm de largo y de alrededor de 10 a 12 mm de diámetro en su zona central, siendo más grueso en la zona basal y más fina en la apical (Bewster, 1994; Saluncke 2003).



Figura 01: Escapos de ajo con bulbillos.

2.1.4.2 Las raíces

El ajo presenta raíz bulbosa, compuesta de 6 a 12 bulbillos (“dientes de ajo”), reunidos en su base por medio de una película delgada, formando lo que se conoce como “cabeza de ajos”. Cada bulbillo se encuentra envuelto por una túnica blanca, a veces algo rojiza, membranosa, transparente y muy delgada, semejante a las que cubren todo el bulbo. De la parte superior del bulbo nacen las partes fibrosas, que se introducen en la tierra para alimentar y anclar la planta (Bewster, 1994).

2.1.4.3 Las hojas

Según Bewster (1994), las hojas de los ajos son opuestas, lineales, de unos 45 a más de 60 cm de longitud del limbo y entre 30 mm y 40 mm de anchura máxima. La vaina de la hoja es más larga a medida que éstas se van sucediendo en la planta (Fig. 02).



Figura 02: Hojas de ajo.

2.1.4.4 Las flores

Según Bewster (1994), las flores se encuentran contenidas en una espata membranosa que se abre longitudinalmente en el momento de la floración. Se agrupan en umbelas. Cada flor presenta 6 pétalos blancos, 6 estambres y un pistilo (Fig. 03).



Figura 03: Flor de ajo.

2.1.4.5 Desarrollo del bulbo

Un diente de ajo está constituido por un resto de tallo, una hoja protectora que lo envuelve y una hoja transformada en almacén de reservas nutritivas, en cuyo interior, en la base del diente donde se encuentra el resto de tallo, se halla la yema terminal que dará lugar a la nueva planta.

Periodo de dormancia: cuando se cosecha el ajo, esta yema terminal reducida a un pequeño abultamiento de menos de un milímetro de diámetro, se aletarga. Los dientes entran en un estado de dormancia durante un periodo de tiempo variable en función de la variedad o ecotipo y de las condiciones en que se conservan estos dientes.

Brotación: pasados unos meses (entre 3 y 5 según tipo de ajo y condiciones de conservación de la semilla), en el diente, incluso sin plantar, se inicia la actividad de la yema terminal, alargándose en dirección a la punta, al ápice del diente. La plantación debe realizarse cuando el brote alcanza un 50% de la longitud del diente, en todo caso, siempre antes de que el brote asome por el ápice del diente.

Crecimiento vegetativo: después de la brotación se van desarrollando las raíces y las hojas de la planta que servirán para transformar las extracciones nutritivas del suelo en tejidos vegetales. Este periodo termina cuando comienza la formación del bulbo. El crecimiento vegetativo se desarrolla en un espacio de tiempo variable, alrededor de 100 a 150 días según las condiciones de conservación de la semilla y las técnicas de cultivo.

Bulbificación: es la fase del desarrollo de la planta en que se forma el bulbo. El comienzo de la bulbificación se produce cuando se alcanzan unas condiciones determinadas de temperatura, humedad y fotoperiodo, aplicando técnicas de cultivo convencionales, definidas para cada variedad y ecotipo en un área geográfica determinada. Puede modificarse sometiendo la semilla a condiciones especiales de temperatura.

Floración: en condiciones normales de cultivo, las variedades y ecotipos morados (o rojos), chino, gigantes y otros producen tallo floral y flores, generalmente estériles. Las variedades y ecotipos blancos y rosas no desarrollan tallo floral, en condiciones normales.

Maduración: en condiciones normales de cultivo, las plantas, a los 25-30 días de la floración llegan a formar la cabeza, quedando los dientes bien marcados y las hojas de la mitad inferior de las plantas marchitas, adquiriendo el pseudotallo una consistencia flácida. En este momento se llega a la maduración de la cabeza de ajo, que se podrá sacar unos días después (**Bewster, 1994**).

Bulbo: llamado cabeza de ajo, está formado por las yemas axilares de las hojas, desarrolladas y transformadas en órganos de reserva. Cada yema origina un diente de ajo (**Bewster, 1994**).

2.1.5 Madurez fisiológica del ajo

El ajo será cosechado cuando alcance su madurez fisiológica para garantizar su mayor contenido de masa seca a fin de obtener el máximo rendimiento para lo cual se tendrá en cuenta lo siguiente:

En las plantaciones de otoño son necesarios 8 meses para llegar a la cosecha y 4 meses o 4 meses y medio en las plantaciones de primavera. La humedad del terreno en contacto con las cabezas ya maduras provoca en las túnicas externas ennegrecimientos y podredumbres, ocasionados por la acción de hongos saprofitos, que en ocasiones deterioran la calidad de la cosecha.

El momento justo de la cosecha corresponde a la completa desecación de las hojas, realizando el arranque de las cabezas con buen tiempo. Adelantar en exceso el momento de la recolección produce disminución de la cosecha y pérdida de calidad.

En terrenos sueltos los bulbos se desenterrarán tirando de las hojas, mientras que en terrenos compactos es conveniente usar palas de punta o legones. Actualmente se cosecha de forma mecánica con cosechadoras atadoras de manojos.

Las plantas arrancadas se dejarán en el terreno durante 4-5 días (siempre que el clima lo permita) y posteriormente se trasladan en carretillas a los almacenes de clasificación

y enristrado. A medida que se vayan recogiendo los bulbos se deberá limpiar la tierra que tenga adherida (Bewster, 1994).

2.2 Variedades

2.2.1 Variedades cultivadas en el Perú

Según Escaff (1991) y Saluncke (2003), en el mundo existe una cantidad significativa de clones de la especie, los que han sido seleccionados por adaptación a las diversas zonas agro ecológicas, sin embargo hay poco interés de las empresas semilleras en la especie, la disponibilidad de cultivares en cada país es más bien baja.

Ajo valenciano rosado

Este es un tipo representado por el cultivar Valenciano Rosado que ha sido dominante en la producción del país. Es un tipo de ajo de túnicas externas blancas, con 10 a 15 dientes o bulbillos violáceos a morados y con un resto de escapo floral presente en el medio del bulbo. Este cultivar, si se puede llamar así, es tardío y se cosecha maduro a fines de noviembre-inicios de diciembre para el mercado interno o la exportación. Una parte importante de la producción se destina al almacenamiento, ya que el ajo es de guarda por excelencia. Otros cultivares similares son Rosado Argentino, Rosado INIA y California Late.

❖ Ajo morado arequipeño.

El bulbo de esta variedad consta de 10 a 15 dientes, con 50 mm de diámetro promedio de bulbo, buena conservación y rendimiento de 6.5 – 9.8 TM/Ha. Los dientes son arqueados siendo los periféricos de mayor tamaño que los centrales que son utilizados como semillas. Los dientes se hallan recubiertos por envolturas moradas, rosadas o ligeramente blancas, que reciben el nombre de cáscaras las que sirven para adherir a los dientes, impidiendo que se desgranen la cabeza.

❖ Ajo blanco o barranquino.

En este tipo se incluyen cultivares de túnicas externas blancas, de bulbo grande, más o menos irregular, con bulbillos de color blanco-rosado a pardo claro, y generalmente precoces o semi-precoces, de cosecha temprana. El objetivo tradicional de su cultivo era abastecer el mercado interno al terminarse el ajo de guarda, pero en la actualidad

también se cultivan con fines de exportación. Los cultivares destacados en el tipo son el Valenciano Blanco y el Blanco Argentino.

❖ **Otros ajos.**

En nuestro país existe una serie de tipos locales de ajo, que es difícil considerar como cultivares por desconocerse su genética y por ser cultivos menores a partir de selecciones locales. Sin embargo, se mencionan como tipos a poblaciones de Ajo, Blanco de Camiña, California Early, Napurí, Massone, Barranquito, Pata de perro, etc. **Escaff (1991).**

Cuadro N° 01: Principales características de ajos cultivados en el Perú.

Características	CULTIVAR				
	Morado Arequipeno	Napuri	Massone	Barranquino	Valenciano Rosado
Color Bulbo	Blanquecino	Blanquecino morado	Blanquecino morado	Blanquecino	Blanquecino morado
Color del diente	Morado	Blanquecino	Blanquecino	Morado	Blanquecino
Periodo Vegetativo(meses)	6 a7	5 a 6	7	5.5 a 6	5 a 6
Número de Dientes	10 a 12	8 a 10 15 a 22	12 a 14	10 a 12	8 a 10
Rendimiento (T/ ha)	7 a 10	7 a 10	10 a 13	8 a 10	8 a 10
Peso medio del bulbo (g)	25 a 50	20 a 60	40 a 90	30 a 50	20 a 60
Altura de planta (cm)	70	70	70	70	70
Índice de Cosecha	Bulbo duro Cuello duro Amarillamiento Escapo floral	Bulbo duro, Cuello duro Amarillamiento Bulbillos aéreos	Bulbo duro, Cuello duro Amarillamiento Bulbillos aéreos	Bulbo duro, Cuello duro Amarillamiento Escapo floral	Dureza del bulbo y amarillamiento floral
Época de siembra	Junio –Agosto	2500-3000 msnm Nov-Dic 1500 msnm Ener-Marz 0-1000 msnm Mar-May	2500-3000 msnm Nov-Dic 1500 msnm Ener-Marz 0-1000 msnm Mar-May	2500-3000 msnm Nov-Dic 1500 msnm Ener-Marz 0-1000 msnm Mar-May	Nov (sierra)
Altitud de Siembra	A mas de 2200 msnm	Desde el nivel del mar	Desde el nivel del mar	Desde el nivel del mar	Sierra

Fuente: Díaz (1962).

2.3.- El ajo como especia

La Comisión de Legislación Alimentaria define a las especias como parte de ciertas plantas (raíces, rizomas, bulbos, cortezas, hojas, tallos, flores, frutos, semillas) en estado natural, desecadas y/o objeto de elaboración mecánica que por su sabor o aroma característico sazonan y dan sabor a los alimentos para consumo humano (Gerhardt, 1975).

La mayoría de las especias son conocidas desde la más remota antigüedad, aunque no solo se empleaban para dar sabor a los alimentos. En efecto se hacía uso de ellas en ceremonias rituales y sus aceites etéreos se destinaban para embalsamamiento de cadáveres, tampoco es de extrañar que utilizaban con fines profilácticos y curativos para enfermedades conocidas y desconocidas. Los antiguos egipcios aplicaban el ajo, la cebolla y rábano en el tratamiento de enfermedades debidas a “ciertos gusanos”. El hombre de entonces consideraba a las especias como materias portadoras de mágicos efectos curativos y los sacerdotes las divinizaron, pues no supieron encontrar argumentos lógicos para explicar sus propiedades. De los egipcios pasaron estos conocimientos empíricos a otros pueblos de la antigüedad (Gerhardt, 1975).

2.3.1.- Importancia fisiológica del ajo.

Los alimentos sazonados con especias determinan una mayor secreción de las glándulas digestivas, efecto estimulante que juega importante papel en el desarrollo de varias funciones fisiológicas. Así, interviene en el equilibrio existente entre las sensaciones de hambre el cual, al perturbarse, va seguido de un aumento de peso o de adelgazamiento. Un régimen alimenticio a base de concentrados purificados termina por cansar y puede provocar con el tiempo un descenso del ritmo de los movimientos peristálticos.

Conviene señalar que las especias ingresadas en el organismo con los alimentos apenas influyen en el desenvolvimiento de los procesos metabólicos. Los aceite etéreos, de olor y sabor pronunciados, excitan la mucosa y determinan un aumento de la actividad glandular, se produce más saliva y jugo gástrico, y la digestión se desarrolla mejor (Gerhardt, 1975 y Rito, 2002).

2.4.- Distribución del cultivo del ajo

Según los últimos estudios realizados por el Ministerio de Agricultura entre los años 2003 – 2005, se observó que el 75% de la producción se concentra en la región sur. Arequipa es la principal región productora de ajo, ostentando una producción que oscila entre el 60 y 70% de la producción total interna de los últimos años. No obstante, durante los primeros meses del año, época de siembra en Arequipa, la producción en la zona norte y centro gana importancia. Además, la mayor demanda de los países del norte ha incrementado la actividad en las regiones de la Libertad y Cajamarca (cuadro N° 02).

Cuadro N° 02: Producción de ajos (miles TM) por regiones a nivel nacional

Región	Anual		
	2003	2004	2005
Arequipa	32,8	28,8	35,2
Lima	5,0	6,5	5,4
Cajamarca	2,8	3,1	3,9
La Libertad	3,6	3,2	3,5
Junín	1,8	1,6	1,8
Resto	5,7	4,1	4,5
Nacional	51,6	46,5	52,2

Fuente: Direcciones regionales y sub regionales de Ministerio agricultura.

Elaboración: MINAG, 2006.

2.5.- Composición química del ajo

La composición química se aprecia en el cuadro N° 03.

Cuadro N° 03: Composición del ajo fresco y pulverizado.

Nutrientes	Dientes de ajo Pelados frescos	Ajo deshidratado pulverizado
Humedad (%)	62,80	5,20
Proteína (%)	6,30	17,50
Grasa (%)	0,10	0,60
Materia mineral (%)	1,00	3,20
Fibra (%)	0,80	1,90
Carbohidratos (%)	29,00	71,40
Calcio (%)	0,03	0,10
Fósforo (%)	0,31	0,42
Potasio (%)	-	1,10
Hierro (%)	0,001	0,004
Niacina (%)	-	0,70
Sodio (%)	-	0,01
Vitamina A (IU)	-	175,00
Ácido nicotico (mg/10g)	0,40	-
Vitamina C (mg/100g)	13,00	12,00
Vitamina B ₂ (mg/100g)	-	0,08

Fuente: **Salunkhe (2003)**

2.6.- Industrialización del ajo

2.6.1.- Características del ajo para ser procesado

Montes y Holle (1966) señalaron que las principales características que hacen deseable a un ajo para la deshidratación, tiene estrecha relación con la calidad externa o interna del bulbo. Estas pueden ser enumeradas como sigue:

- Contenido de sólidos totales

Los ajos para ser procesados deben tener un alto porcentaje de sólidos totales teniendo en cuenta que ello es según la variedad que va de 30 a 50 %. Entonces, el costo del material procesado por kilo de peso, estará determinado por el total de sólidos presentes.

- Pungencia.

Montes (1966) indica que por pungencia se entiende la combinación de aroma y sabor que presenta el Ajo. Siendo la pungencia una de las principales características y la determinante para juzgar su calidad; será necesario que el ajo fresco tenga una alta pungencia por que el producto deshidratado pierde parte de su olor durante su desecación. La pungencia residual del producto deshidratado estará determinado o dependerá del material fresco empleado.

- Tamaño del diente

La industrialización del ajo deshidratado prefiere el empleo de variedades de diente grande. Es posible que esto obedezca a razones técnicas manipulatorias como a la presentación del producto cuando este se destina a la obtención de Hojuelas (**Montes y Holle, 1966**).

- Pelado

En pelado es un proceso fundamental en el cual deberá observarse un extremo cuidado para asegurar la calidad de determinadas frutas y hortalizas.

Por otro lado, el pelado es una operación que se puede realizar de distintas maneras como son:

a.- Pelado a mano un cuchillo.- que es un método antieconómico, porque da lugar a uso excesivo de mano de obra y pérdida de materia prima.

b.- pelado mecánico.- se realiza en aparatos especiales diseñados para tal fin.

Existen en el mercado diferentes tipos y realiza el trabajo automáticamente; disponen de diversos aditamentos y mecanismos propios para cada especie de materia prima.

c.- pelado por calor.- se desarrolla en parte a la combinación del grado de temperatura y tiempo, para cada tipo de producto.

El Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (INTINTEC), define y establece en la Norma Técnica N° 209 – 122 (1976), la terminología de las siguientes formas de ajos industrializados para el consumo nacional:

- **Ajos deshidratados:** es el producto obtenido por la deshidratación de Ajos sanos limpios y pelados con la adición de sustancias antihumectantes y/o sustancias concentrantes.
- **Ajos encurtidos:** es el producto elaborado con bulbos o dientes de Ajos sanos, limpios y enteros, que luego de haber sido “curados” o no en salmuera, son conservados en salmuera o en vinagre, con o sin adición de sal, aceite, jugos cítricos, condimentos y azúcar.
- **Ajos molidos:** es el producto elaborado con ajos sanos, limpios, pelados, triturados o finamente permitido, con o sin adición de aceite y estabilizadores.
- **Ajos preparados:** es el producto elaborado con bulbos o dientes pelados, limpios, enteros o triturados del *Allium sativum* deshidratado o conservado en sal, vinagre o otros concentrantes y aditivos permitidos.
- **Sal de ajos:** es el producto obtenido por la mezcla de ajos deshidratados en polvo y cloruro de sodio.
- **Salsa de ajos:** es el producto obtenido por la mezcla y homogenización de ajos, especias y otros productos alimenticios; con la adición de agua, sal, aceite, edulcorantes y concentrantes permitidos.

2.6.2.- Características del sistema odorífico en el ajo.

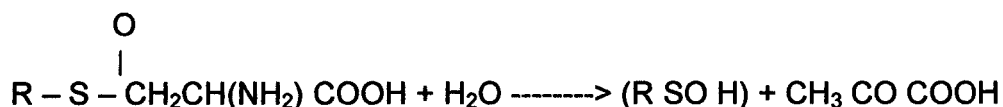
De acuerdo con **Schimdt (1980)**, el ajo y la cebolla son casi inodoras cuando están enteros y que sólo al lesionar su tejido por cortado se desprende el olor irritante, ello se debe a su contenido en derivados de aminoácidos azufrados, llamados aliinas químicamente se trata de S – alil – cistein – sulfoxido; $C_3H_5 - S - S(O) - CH_2 - CH(NH_2) - COOH$ en el ajo y del S – propil – cistein sulfoxido en la cebolla. Por acción de la enzima Alinasa (contenida en todas las especies de Allium), se forma entonces la ALICINA, de fuerte olor picante. Además se han identificado numerosos otros compuestos azufrados.

La alicina es el compuesto responsable directamente del olor característico del Ajo. Es volátil y algo soluble en agua, pudiéndose disolver 2,5gr en 100ml de agua a una temperatura de 10°C. Si una solución acuosa de alicina se somete a destilación, se obtiene un compuesto aceitoso insoluble en agua y de olor desagradable, lo que hace suponer que este sea aceite de ajo, no es por consiguiente un producto primario de la degradación enzimática de la aliina si no que es la resultante de cambios químicos en la molécula ya sea por hidrólisis o por pérdida de un átomo de oxígeno cedido a compuestos fácilmente oxidables (**Stoll y Seebeck, 1950**).

La alinasa ha sido extraída por precipitación en su punto isoelectrico a pH de 4.0 además, se llegó a demostrar que esta enzima tiene un pH óptimo de actividad dado entre 5 y 8, una temperatura optima de 37°C, llegando a desdoblarse el 80% del contenido inicial de aliina al cabo de dos minutos (**Stoll y Seebeck, 1950**).

2.6.2.1 Formación enzimática de la alicina

Reacción general.



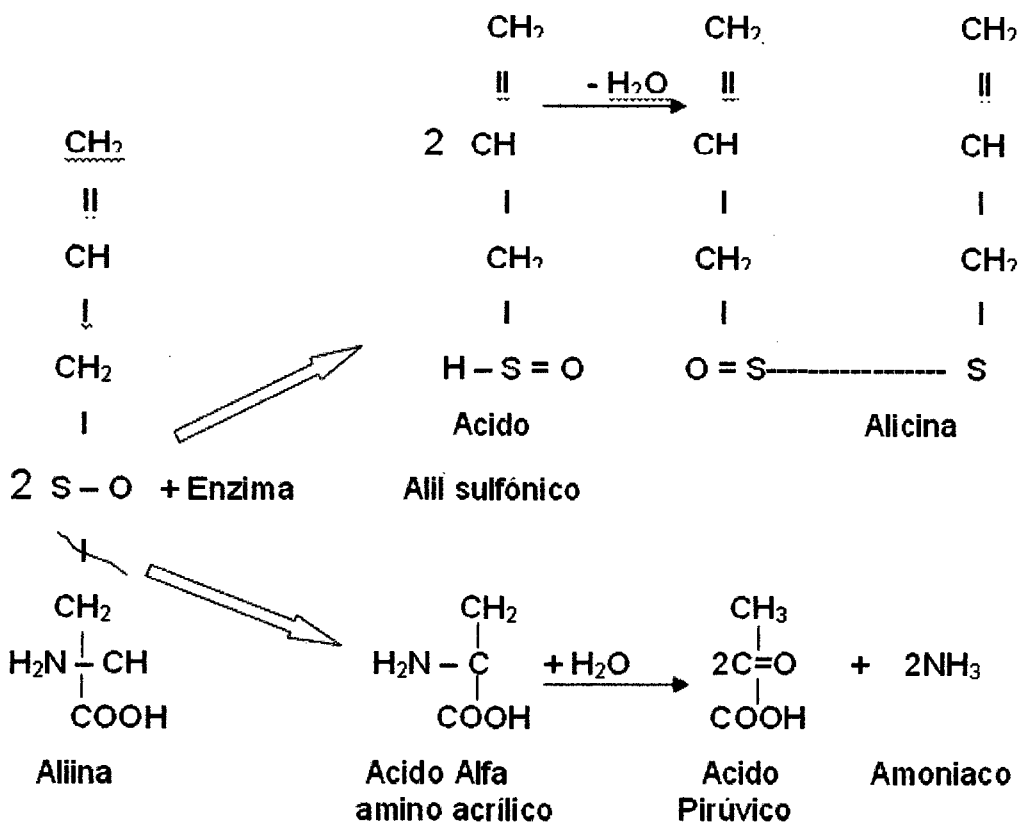
S – Alquil ó S – Alquenil

Acido Alquil Acido pirúvico

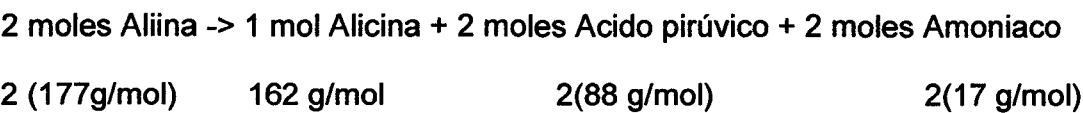
Del L – Cistein Sulfoxido

ó Alquenil Sulfónico

Reacción en el Ajo:



Reacción estequiometrica:



Fuente: Stoll y Seebeck (1950).

2.6.2.2.- Efecto de la inactivación de enzimas en la formación del sabor.

Es conocido que los tratamientos con dióxido de azufre y meta bisulfito de potasio, en vegetales antes de deshidratarlos, ayudan a preservar el color natural y sabor durante el proceso mismo y en el almacenamiento. Al respecto Pruthi y Sing (1959) estudiaron el efecto de estos agentes sobre el contenido residual de la alicina en los ajos deshidratados, llegando a demostrar que no hubo mayor diferencia en cuanto a sabor, más si el color fue mejor que la del control, y que el bajo contenido de alicina (58% de pérdida) encontrado podría deberse a:

- Inactivación de la enzima por acción del SO₂.
- Formación de compuestos adicionales en la reacción del SO₂ sobre la alicina.
- Formación de desoxialliina como resultado de la reducción de la aliina por el metabisulfito de potasio.
- Reducción de aliina a Desoxialliina por el SO₂.

Baldeon (1988) encontró un tratamiento óptimo de escaldado a 50°C x 45 segundos, reduciendo la actividad de la alinasa a un 93% y la actividad de la peroxidasa en un 52%, en la elaboración de pasta de Ajos.

De acuerdo con **Van Arsdel (1973)** y **Cheftel (1983)**, los casos de ajos y cebollas nunca se blanquean antes de la deshidratación, pues la formación de su aroma característico, que aparece cuando se corta el tejido, depende de reacciones enzimáticas que naturalmente hay que procurar no inhibir.

2.7.- Productos del ajo y su utilización

El ajo representa, para el hombre, una fuente de numerosos productos de gran utilidad, especialmente en el terreno alimenticio; formando parte importante de la economía nacional.

El ajo se aprovecha fundamentalmente de las siguientes formas:

- Consumo de bulbos semisecos o secos.
- Consumo en forma de ajo deshidratado.
- En especialidades farmacéuticas.
- Consumo en verde (ajetes).

Otros usos (encurtidos, ornamentales, etc.).

A nivel mundial hay un incremento tanto en superficie como en producción, derivada de la divulgación de las excelentes cualidades del ajo para la salud (**Rito, 2002**).

2.8.- Consideraciones técnicas

2.8.1.- Definición de ajo en polvo

Producto en polvo o harina obtenido de la deshidratación de bulbos de ajos sanos, libres de cáscaras, tallos, cutículas, raíces y material extraño.

2.8.2.- Formulación del ajo en polvo

2.8.2.1.- Dextrina

La maltodextrina es una composición de carbohidratos provenientes de la conversión o modificación enzimática del almidón de maíz que absorbe el agua y forman geles.

Su composición es la misma que el almidón y la celulosa, pues en su transformación sólo se opera lo que llaman los químicos acción de contacto.

2.8.2.2 Antioxidantes

Evitan la oxidación de los alimentos e impiden el enranciamiento y la decoloración. Se utilizan en productos horneados, cereales, grasas y aceites, y en aderezos para ensaladas. Los principales antioxidantes liposolubles son:

Tocoferoles (E 306-309), BHA (Butilhidroxianisol ó E 320) y BHT (Butilhidroxitoluol ó E 321) -evitan que las grasas alimenticias, los aceites vegetales y los aderezos para ensaladas se pongan rancios.

Ácido ascórbico (E 300) y ácido cítrico (E 330) - conservan el color de las frutas y verduras recién cortadas.

2.8.3 Especificaciones generales para el secado de ajo.

2.8.3.1 Humedad

La humedad final del ajo en polvo debe estar comprendida entre 3 y 7%, lo cual garantiza la conservación de sus características organolépticas y su inocuidad microbiológica (Pezzutti y Crapiste, 1997).

2.8.3.2 pH

pH, término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución entre 1 y 14. Se trata de una medida de la acidez de la disolución. El término (del francés *pouvoir hydrogène*, 'poder del hidrógeno') se define como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno, H^+ , cambiado de signo:

$$pH = -\log [H^+]$$

donde $[H^+]$ es la concentración de iones hidrógeno en moles por litro. Debido a que los iones H^+ se asocian con las moléculas de agua para formar iones hidronio, H_3O^+ , el pH también se expresa a menudo en términos de concentración de iones hidronio.

Los ajos tienen pH óptimo de actividad entre 5 y 8, una temperatura optima de 37° C (Stoll y Seebeck, 1950).

2.8.3.3. Medición del color

Color:

Color, fenómeno físico de la luz o de la visión, asociado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético. Como sensación experimentada por los seres humanos y determinados animales, la percepción del color es un proceso neurofisiológico muy complejo. Los métodos utilizados actualmente para la especificación del color se encuadran en la especialidad llamada colorimetría, y consisten en medidas científicas precisas basadas en las longitudes de onda de tres colores primarios.

La parte comestible de los ajos es de color “blanquecino” y la parte externa de la cáscara es “rosa azulado” (anexo N° 07).

2.8.3.4 Olor y sabor

Según Ureña (1999), cuando un objeto emite un olor y nos llega a la nariz esto quiere decir que moléculas de dicho objeto se han desprendido de él y llegado, por difusión o arrastre, a nuestra nariz. Estas moléculas entran en la nariz debido a la aspiración que realizamos cuando respiramos. La sensación de oler se experimenta cuando las moléculas aromáticas llegan a la mucosa nasal, en donde se disuelven. Así, estas moléculas entran en contacto con los cilios.

Schwimmer et al. (1964) menciona que el aroma característico del ajo al igual que en otras especies del género *Allium* es debido a sulfuros orgánicos volátiles formados enzimáticamente y presentan sabor picante o pungente.

2.9 Secado

Según **Geankoplis (1998)**, el secado es la eliminación de agua de los materiales en proceso y de otras sustancias líquidas orgánicas (benceno, disolventes orgánicos).

El contenido de humedad final varía de acuerdo al producto. El secado suele ser la etapa final del proceso antes del empaque, haciéndolos más adecuados para su manejo.

El secado se usa como técnica de preservación y evitar el crecimiento de los microorganismos que provocan la descomposición, ya que su desarrollo se inhibe en ausencia de agua. Sucediendo lo mismo con muchas enzimas que causan cambios químicos. Es necesario reducir el contenido de humedad por debajo del 5% en peso de los alimentos para preservar el sabor y el valor nutritivo. Los alimentos secos pueden almacenarse durante periodos bastante largos.

La deshidratación permite la conservación del alimento; hay fuerzas químicas y biológicas que actúan sobre el suministro de alimentos que el hombre desea. El hombre controla las fuerzas químicas en el alimento deshidratado, con el empaque y ciertos aditivos químicos (**Desrosier, 1977**).

Las fuerzas biológicas son controladas reduciendo el contenido de agua libre y por calentamiento, donde los microorganismos pueden ser controlados reduciendo el contenido de agua libre, aumentando con esto las presiones osmóticas.

Según **Brennan et al. (1980)**, la deshidratación de alimentos determina una reducción de peso y normalmente también, de volumen, por unidad de valor alimenticio, e incrementa la vida útil de los productos desecados en comparación con los correspondientes alimentos frescos.

2.9.1. Velocidad de deshidratado.

La velocidad del deshidratado se define como la pérdida de humedad del sólido en la unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial $\left(\frac{dx}{dt}\right)$ operando en condiciones constantes de secado, es decir, con aire a temperatura, presión, humedad y velocidad constante. El modelo matemático de la velocidad de secado es (Geankoplis, 1998):

$$R = -\frac{S}{A} \left(\frac{dx}{dt} \right)$$

donde:

R = velocidad de secado, en kg. H₂O / h – m²

S = peso del sólido seco, en kg

A = área de la superficie expuesta, en m²

2.9.2.- Proceso de deshidratación.

La deshidratación es la operación unitaria en la que se elimina por evaporación o sublimación casi toda el agua presente en los alimentos, mediante la aplicación de calor bajo condiciones controladas. La deshidratación de alimentos determina una reducción del peso y normalmente también, del volumen, por unidad de valor alimenticio, e incrementa la vida útil de los productos desecados en comparación con los correspondientes alimentos frescos (Brennan, 1980).

Las ventajas por las que se aplica la deshidratación son:

- Facilitar el manejo posterior del producto.
- Permitir el empleo satisfactorio del mismo.
- Reducir el costo del empaque.
- Preservar el producto durante el almacenamiento y transporte.
- Aumentar el valor o la utilidad de productos residuales (Vian y Ocon, 1979).

2.9.3.- Deshidratación por aire caliente.

Se utiliza aire como elemento secador debido a su abundancia y a su conveniencia, ya que puede ser controlado el sobrecalentamiento del alimento **(Desrosier, 1966)**.

El secador por aire caliente involucra dos procesos fundamentales: transferencia de calor para evaporar el líquido del alimento y transferencia de masa como humedad interna y líquido evaporado. La masa es transferida como líquido y vapor dentro del sólido y como vapor desde la superficie húmeda **(Brennan, 1980)**.

Para el estudio de los fenómenos de secado se deben mantener constantes las magnitudes que tienen influencia, como son la temperatura, humedad, y la velocidad del aire que se desplaza sobre la sustancia estudiada. Esta cantidad de aire debe ser suficiente con respecto a la del producto para que el estado del aire no se vea influenciado por el calor cedido al producto y la humedad que ha adsorbido. Al desecar un sólido húmedo con aire caliente, el aire aporta calor sensible y el calor latente de evaporación de la humedad y también actúa como gas transportador para eliminar el vapor de agua que se forma en la vecindad de la superficie de evaporación **(Brennan, 1980)**.

Considerando el caso de un sólido inerte el cual está húmedo y es secado en una corriente de aire paralelo a la superficie de secado. Suponiendo que la temperatura y la humedad del aire en la superficie de secado permanecen constantes durante todo el ciclo de secado y que todo el calor necesitado es aplicado por convección y si ocurre un cambio en el contenido de humedad del producto durante el secado, éste puede ser expresado en forma de curvas, de secado **(Brennan, 1980)**.

2.9.4.- Periodos de secado

El estudio de las curvas de la muestra que puede considerarse constituido por diversas fases o etapas (Fig. 04). FASE A – B: en este periodo denominado de “estabilización” las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de desecación.

Constituye con frecuencia una porción despreciable del ciclo total.

FASE B – C: Se conoce como “periodo de velocidad constante”, la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el

interior del sólido a la superficie ocurre a la misma velocidad que la de evaporación en la superficie. La velocidad de transferencia de masa se equilibra con la velocidad de transferencia de calor de forma que la temperatura de la superficie se mantiene constante. La “fuerza motriz” es el gradiente en la presión de vapor de agua entre la superficie de desecación y la corriente principal de aire.

FASE C- D: La velocidad de desecación comienza a descender iniciándose el “periodo de Velocidad Decreciente”. El punto C se denomina punto Crítico de humedad, a partir del cual la temperatura de la superficie comienza a elevarse hasta aproximarse a la temperatura del bulbo seco del aire cuando el producto se ha desecado casi totalmente. Frecuentemente este periodo consta de dos partes convexas como primer y segundo periodo de velocidad decreciente, C – E y E – D respectivamente. En el punto E el plano de evaporación se desplaza penetrando hacia el interior del sólido y la velocidad de desecación decae aún más influenciada principalmente por la velocidad de movimiento dentro del sólido. Este periodo de velocidad decreciente constituye la mayor proporción del tiempo total de secado (Brennan, 1980).

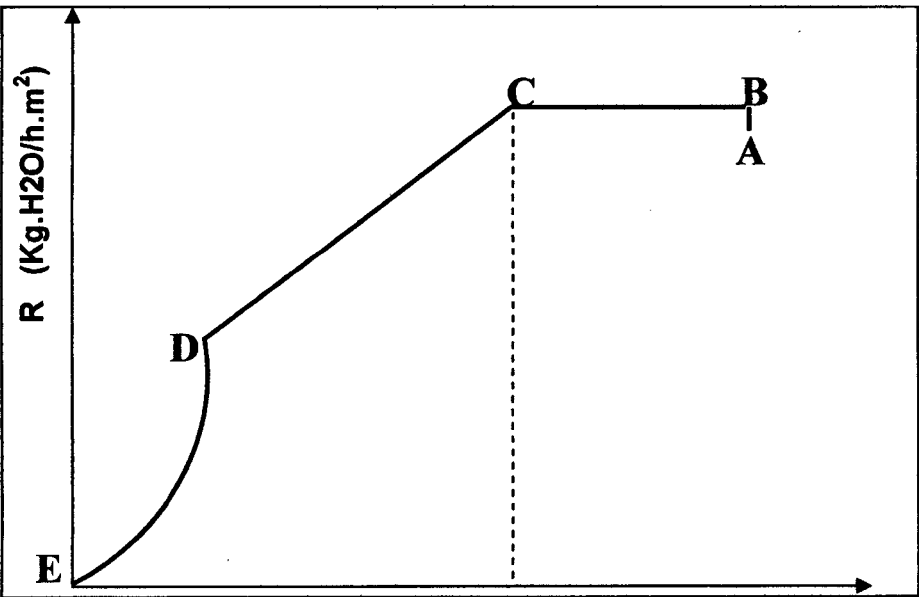


Figura 04: Curva de velocidad de secado.

2.9.4.1.- Factores internos y externos en la deshidratación.

A.- Factores internos.- Son aquellos que dependen del material y son difíciles de controlar, cada alimento debido a su composición físico-química se comporta de manera diferente cuando es deshidratado. El contenido en carbohidratos, grasas, enzimas, proteínas, sales inorgánicas, agua, influyen sobre la velocidad de secado (**Brennan, 1980**).

De acuerdo con **Potter (1973)**, cuando el tejido está vivo, las paredes celulares y las membranas retienen la humedad dentro de las células. Cuando muere un tejido animal o vegetal éstas se hacen más permeables a la humedad. Cuando el tejido se blanquea, las células se pueden hacer más permeables aún y se secan fácilmente, siempre que no ocurra endurecimiento excesivo.

B.- Factores externos.- Podemos mencionar los siguientes:

- **Área superficial-** la relación entre el tamaño de una pieza y su superficie tiene que ser la menor posible, teniendo en cuenta que las piezas más pequeñas son las más que más fácilmente se secan. Ello es debido a que proporcionan más superficie en contacto con el medio de calentamiento y mayor área desde la cual la humedad puede salir al exterior. Las partículas pequeñas o capas delgadas reducen la distancia que el calor debe recorrer hasta el centro. Así como la distancia que la humedad debe recorrer a fin de llegar a la superficie (**Pistono, 1955**).

- **Temperatura del aire-** la temperatura del bulbo húmedo del aire ejerce su efecto sobre la velocidad de deshidratación principalmente en la última etapa, cuando el enfriamiento por evaporación es inapreciable y la superficie del producto alcanza la temperatura del bulbo seco. La redistribución de la humedad interna la cual es un factor determinante, es acelerado cuando se incrementa la temperatura del alimento.

Cuanto más caliente este el aire estará menos saturado y más humedad podrá absorber del alimento (**Potter, 1973**).

Depresión del bulbo húmedo- El factor más influyente correlacionado con la velocidad de secado es la depresión del bulbo húmedo (temperatura de bulbo seco – temperatura del bulbo húmedo) del flujo de aire que pasa a través del cuerpo húmedo, si esta

diferencia es cero el aire se encuentra saturado de vapor de agua y el secado no se realiza. Para **Van Arsdel (1963)**, el potencial de secado es directamente proporcional a la depresión del bulbo húmedo en la última etapa del secado (**Alvistur, 1975**).

2.9.5.- Cambios físicos y químicos ocurridos durante el secado.

a) Movimiento de soluto- El agua líquida que fluye hacia la superficie durante la desecación contiene diversos productos disueltos resultando la deposición de estos en la superficie. **Van Arsdel (1963)** señala que también puede ocurrir la migración de sólidos solubles en la dirección opuesta hacia el interior de las piezas. Cuando la superficie se deseca se establece un gradiente de concentración entre la superficie y el centro húmedo de la pieza que puede dar origen a la difusión de productos solubles hacia el centro. El que predomine uno u otro de ambos fenómenos depende de las características del producto y de las condiciones de desecación.

b) Retracción- En la desecación de tejidos animales y vegetales exceptuando a la liofilización se produce cierto grado de retracción. Durante las primeras fases del secado a bajas velocidades la cuantía de la retracción está relacionada con la cantidad de humedad eliminada. Hacia el final de la desecación la retracción es cada vez menor de modo tal que el tamaño y forma final del producto se alcanza antes de completarse la desecación. La densidad y porosidad de los trozos de verduras desecadas dependen de las condiciones de desecación. Si las velocidades iniciales de desecación son bajas los trocitos se retraen más el producto tiene mayor densidad.

c) Endurecimiento superficial.- En la desecación de alimentos frecuentemente se forma en la superficie una película impermeable y dura. Esta determina una reducción de la velocidad de secado. Probablemente influenciado por los sólidos solubles depositados en la superficie y a las elevadas temperaturas que alcanzan esta al finalizar la desecación (**Brennan, 1980**).

d) Pérdida de constituyentes volátiles- Respecto a los cambios químicos ocurridos durante el secado **Schwimmer et al. (1964)** mencionan que el aroma característico del ajo al igual que en otras especies del género *Allium* es debido a sulfuros orgánicos volátiles formados enzimáticamente. Estos investigadores plantearon para el caso de la Cebolla un esquema hipotético de los cambios químicos ocurridos en su procesamiento

y rehidratación, el proceso condiciona la conversión de S-propenilcisteina-Sulfoxido (aliina) en 3-metil-1,4 – tiazona – 5 – ácido – carboxílico – 1 – oxido (cicloaliina) y la parcial destrucción del sustrato precursor sin la formación de olor o ácido pirúvico, como se muestra en el estado III; en suma la sobrevivencia del precursor es adicionalmente disminuida, pero no completamente eliminada, por acción enzimática rinde olor, ácido pirúvico, y residuo de sustrato, estado IV. El ácido pirúvico y la sustancia saborizante son presumiblemente perdidos en el proceso (IV – V). el sustrato remanente presente es convertido enzimáticamente en el ácido pirúvico y olor al ser reconstituidos. (VI).

e) El pardeamiento no enzimático o reacción de maillard.

Según **Braverman (1976)**, es la reacción de los grupos aldehidos y amino de los azúcares y las proteínas respectivamente, y es propiciada por temperaturas elevadas y por la alta concentración de grupos reactivos, cuando está presente también algo de agua.

Cheftel (1983) menciona que las reacciones enzimáticas son inhibidas por la reducción de humedad cuando se realiza el proceso de deshidratación. Si esta reducción es tal que llega a niveles por debajo del 1% la actividad enzimática es nula. De igual manera durante esta etapa ocurre una concentración de enzimas y sustratos por lo que la reacción enzimática dependerá de la concentración de ambos, las enzimas presentes en los alimentos pueden o no sufrir destrucción, generalmente la reacción enzimática durante y el después del proceso de deshidratación es indeseable, pero en los casos particulares de ajos y cebollas es necesario que después del deshidratado persista la acción enzimática para el desarrollo del olor y sabor, que le dan la característica propia de su especie.

Al pardeamiento no enzimático o “Reacción de Maillard”, se le designa por los pigmentos pardos o negros resultantes de las reacciones no enzimáticas.

Los sustratos de estas reacciones son compuestos carbonilo y en primer lugar azúcares reductores (compuestos polihidroxicarbonilo). El pardeamiento no enzimático se presenta durante los procesos tecnológicos o en almacenamiento de diversos alimentos.

Se acelera por el calor especialmente durante las operaciones de cocción, pasteurización y deshidratación.

2.9.5.1- Efectos desfavorables.

Frecuentemente el pardeamiento no enzimático se origina durante la preparación o almacenamiento. En líquidos concentrados (leche, jugo de frutas, jarabes, etc.), pasteurización de jugo de frutas, cocción de animales marinos produciéndose el oscurecimiento de su color y la aparición de olores y sabores indeseables con pérdida del valor nutritivo (Cheftel, 1983)

2.9.5.2.- Efectos favorables.

El color y el aroma que caracteriza a numerosos alimentos son el resultado de reacciones de pardeamiento no enzimático, ejemplo: corteza de pan, biscochos, papas fritas, cereales tratados por el calor, carnes asadas caramelos, café, chocolate, etc. Así mismo algunos compuestos formados durante la reacción de pardeamiento no enzimático, tendrían la facultad de proteger los lípidos contra la oxidación (Cheftel, 1983).

2.9.6.- Factores que influyen en el pardeamiento no enzimático.

2.9.6.1 El pH

El pardeamiento no enzimático o reacción de maillard tiene un pH óptimo de 6 a 8, son condiciones favorables a la reacción, un descenso de pH que atenúa el pardeamiento durante la deshidratación (Cheftel, 1983).

2.9.6.2 La temperatura.

A bajas temperaturas de 0 a 70 °C, el pardeamiento puede retardarse y por el contrario a temperaturas elevadas aumenta fuertemente (Cheftel, 1983).

2.10 La adsorción de agua en los alimentos

La estabilidad de un alimento está dado por la mayor o menor cantidad de agua que contenga. Así, se ha demostrado que este elemento favorece la acción enzimática, retarda o acelera la oxidación de los lípidos y favorece el desarrollo de los microorganismos como se puede apreciar el Cuadro N° 04.

El valor nutritivo y la calidad de un alimento pueden mantenerse, si el valor de la humedad durante el almacenamiento es adecuado para minimizar todas las reacciones

posibles. Como quiera la humedad de un alimento no significa nada si no se sabe su actividad de agua presente, es necesario determinar sus isotermas de adsorción.

Las isotermas de adsorción para un alimento está definida como la cantidad de agua adsorbida en función de la humedad relativa del medio que rodea el producto, esta cantidad de agua será retenida en el alimento después que se ha alcanzado el equilibrio a temperatura constante (**McMinn y Magee, 1999**).

El fenómeno de adsorción refleja la capacidad hidrofílica del sustrato absorbente (alimento). La adsorción se produce mientras exista una gradiente de presión entre el adsorbente y el medio que lo rodea (**McMinn y Magee, 1999**).

Cuadro N° 04: Microorganismos y Aw

Microorganismos	Actividad de agua
Bacterias	0,91
Levaduras	0,88
Mohos	0,80
Bacterias halófilas	0,75
Mohos xerófilos	0,65
Levaduras osmófilas	0,60

Fuente: Cheftel (1992).

2.10.1.- Isotermas de adsorción.

Una isoterma de adsorción, es la curva que indica, en el equilibrio y para una temperatura determinada, la cantidad de agua retenida por un alimento en función de la humedad relativa de la atmósfera que lo rodea; o, si se quiere e inversamente, la presión parcial de vapor ejercida por el agua del alimento en función del contenido de agua en el mismo (**Cheftel, 1977**).



2.10.1.1.- Isotermas de adsorción y estado del agua en los alimentos.

Existen por lo menos dos regiones diferentes de las isotermas de adsorción de los alimentos:

a) Agua fuertemente ligada.

En la cual la actividad de agua está comprendida entre 0 y 0.2 ó 0.3; en esa región de las isotermas existe una capa monomolecular de agua fija a los grupos polares de ciertos compuestos NH_3^+ y COO^- de las proteínas y de los grupos OH^- de los almidones.

Esta agua no está disponible para actuar como disolvente o reactivo.

b) Agua débilmente ligada y agua libre.

Son sucesivas capas de agua, ésta agua representa la mayor parte de la esfera de hidratación de los constituyentes solubles (proteínas, sales, etc.).

Un dato muy importante es que en todas partes de la isoterma, a pesar de actividades de agua tan bajas como 0.2 – 0.3, el agua presenta sus propiedades habituales o, esta disponible tanto como disolvente y como reactivo. El agua libre representa la mayor parte del agua de los alimentos frescos o elaborados (**Cheftel, 1983**).

McMinn y Magee (1999) estudiaron el efecto de la temperatura sobre la humedad relativa de equilibrio y valores de varias soluciones de sales usando el método de medida de la presión de vapor (**VPM**) y la correspondiente correlación de ecuaciones establecidas. Se debe tenerse cuidado de colocar la sal hasta que la solución quede completamente saturada (**Wolf et al., 1985**).

La determinación de actividad de agua para cada una de las sales se realiza empleando la ecuación de regresión para soluciones salinas a diferentes temperaturas tal como se muestra en el cuadro N° 05 (**Labuza et al., 1985**).

* Solución líquida al 98,80% de concentración.

Cuadro N° 05 actividades de agua y cantidad de sal y agua recomendada para la preparación de soluciones saturadas.

SOLUCIONES	HUMEDAD RELATIVA %		Gr de sal.	H ₂ O ml.
	25 °C	37 °C		
1. Ácido Sulfúrico	0,00	0,00	98,80% *	
2. Cloruro de Litio	11,00	11,00	66,00	62
3. Cloruro de Magnesio	33,00	32,00	203,33	167
4. Dicromato Sodico	50,00	50,30	129,00	45,5
5. Nitrito de Sodio	64,00	62,40	56,00	76
6. Cromato de Potasio	87,00	84,00	53,00	85
7. Nitrato de Potasio	92,00	92,00	55,50	15
8. Agua	1,00	1,00	-	10

Fuente: Labuza et al. (1985).

2.11.- El ajo deshidratado.

2.11.1.- Efecto de diferentes métodos de secado sobre la calidad de ajo deshidratado.

En investigaciones anteriores se han deshidratado directamente los dientes enteros con cáscara, así **Pruthi y Singh (1959)**, estudiaron el efecto de diferentes métodos de deshidratación de los dientes enteros sobre la calidad del Ajo en polvo. Sus resultados se presentan a continuación en el cuadro N° 06, destacando ventajosamente la liofilización con un mínimo de pérdida del componente odorífico (38,3%); por los demás métodos no existe mayor diferencia significativa (47,1 a 50,4 %). En la evaluación del producto final, corresponden como las mejores a las muestras liofilizadas y deshidratadas al vacío, pero el alto costo que representa estos métodos no resulta económico la obtención de ajo en polvo para condimentación. Las muestras del secado inferior son de menor calidad y sus procesos dependen de las condiciones climatológicas.

De los métodos ensayados por el aire caliente, el de flujo paralelo (secador de túnel) resulta ser más eficiente, reduce el 50 % del tiempo de secado que su similar y la muestra es de mejor calidad.

En otra investigación presentada por estos mismos autores evaluaron la calidad del ajo en términos de porcentaje de alil sulfuros durante el almacenamiento en fresco así como en polvo, reportando para el primero una humedad de 68% y 2,09% de alil sulfuro (6,53% en base seca) y para el segundo una humedad de 6% y 0,81% de alil sulfuro (0,86% en base seca). En este caso encontramos una pérdida de componente odorífico del 86,8% en el proceso deshidratación.

Van Arsdel (1963) presenta un método americano para la deshidratación del Ajo a nivel industrial en el que los bulbos son desgranados y sus dientes rebanados mecánicamente, luego sometidos a secado por aire caliente (60°C), llegando a 6.5% de humedad posteriormente las cascarillas se eliminan por aspiración, las hojuelas limpias pasan a molienda y finalmente envasadas.

Cuadro N° 06 Efectos de diferentes métodos de deshidratación de los dientes de ajo enteros sobre la calidad del ajo en polvo.

Método de deshidratación	Tiempo (h)	Humedad (%)	% Alil sulfuros		Eval. sensorial	
			M.B.S.	% pérdida	Color	Sabor
Ajo fresco.		68,68	1,98			
(1) Aire caliente.						
(T: 60°C, d: 5,5 Kg/m²).						
Flujo vertical	8,0	9,0	0,98	50,4	9,0	9,0
Flujo horizontal	4,0	9,8	1,01	48,9	9,0	9,0
(2) Liofilización.						
(d: 1,3 Kg/m², T:-40°C,						
P: 0,3 m.mhg).	3,5	9,16	1,23	38,3	9,8	9,3
Deshidratación al vacío						
(d: 5,5 Kg/m², T : 60°C,						
P: 7,5 m.mhg).	8,0	9,38	1,05	47,1	9,8	9,3
Secado solar.						
(d: 5,5 Kg/m²).	72	10,58	0,83	58,3	8,0	8,0
M.B.S. contenido en base seca.						

Fuente: Pruthi y Singh (1959).

- **Contenido de Alicina en el Ajo.**

La cantidad de alicina disminuye en el ajo en polvo ya que esta se pierde durante el proceso de deshidratación.

CUADRO N° 07: Contenido de Alicina (mg/gr) del ajo fresco y deshidratado.

Variedad	Ajo fresco 67,5 % hum.;(*)	Ajo deshidratado 8.0 % hum. ;(*)
Morado Arequipeño	6,6593 ; (20,490)	3,4579 ; (3,758)
Napurí	3,7310 ; (11,480)	1,2373 ; (1,345)

Fuente: Balbín (1985) (*) Contenido en base seca.

2.11.2.- Usos y presentaciones del ajo deshidratado.

El ajo deshidratado y molido estaría listo para su uso inmediato en la condimentación de los alimentos como insumo en la elaboración de sopas deshidratadas, caldos concentrados, embutidos, sazonadores, etc. La introducción de este producto en le país, sería difícil ya que en fresco existe a precios bajos, en cambio su exportación como producto procesado traería mayores beneficios. El ajo deshidratado adquiere características particulares por que permite su aplicación más uniforme en los alimentos por la dificultad del pelado, presencia de olores fuertes que va unida a su adhesión a los utensilios domésticos; por este motivo está siendo reemplazado por otros sazonadores sintéticos (Baldeon, 1986).

2.11.3.- Presentaciones comerciales del ajo deshidratado.

- **Ajo en polvo** (Garlic powder).- Producto homogéneo del cual 95% pasa a través de un tamiz de 0,25 mm. de abertura de malla.
- **Ajo en grano** (Garlic Grits).- Producto donde las partículas son comprendidas entre los 0,25 y 1,25 mm.
- **Ajo en Flocones** (Garlic Flakes).- Producto donde las partículas tienen un tamaño no definido, están comprendidas entre los 1,25 y 4,0 mm.
- **Ajo en pedazos** (Garlic Slices).- Pedazos y partículas de ajos obtenidos cortados los bulbos de ajos y quitando por tamizaje los pedazos rotos inferiores a 4,0 mm.

Formas intermedias pueden existir en el comercio y pertenece a los compradores, vendedores definir sus características (INTINTEC, 1976).

2.12.- Molienda

Muchos materiales sólidos se presentan en tamaños demasiado grandes para su uso por lo que deben reducirse. Con frecuencia la reducción de tamaño de los sólidos se lleva a cabo para poder separar sus diversos ingredientes. En general los términos trituración y molienda se usan para denotar la subdivisión de partículas sólidas grandes en partículas más pequeñas (**Geankoplis, 1998**).

2.12.1.- Análisis granulométrico o tamizado

El tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas, de diferentes tamaños, se separa en dos o más fracciones, pasándola por un tamiz. Cada fracción es más uniforme en tamaño que la mezcla original. Un tamiz es una superficie que contiene cierto número de aberturas, de igual tamaño. La superficie puede ser plana (horizontal o inclinada) o cilíndrica. Los tamices planos, de pequeña capacidad, se denominan cedazos o cribas. En general, los tamices se usan mucho para separar mezclas de productos granulares o pulverulentos, en intervalos de tamaños.

El intervalo de Tamiz o razón de serie de tamices, es el factor que relaciona las aperturas sucesivamente decrecientes de una serie de tamices normalizados.

La American Society for Testing Materials. ASTM-E 11, toma como base un tamiz de 18 mallas, con una apertura de 1,0 mm y una razón de $2^{1/4}$

Numerosos tamices de las series British Standard (BS) se corresponden con las recomendaciones de la International Standard Organisation (ISO) para tamices analíticos.

En el Laboratorio, se utilizan tamices normalizados, de hasta 16 mm de apertura, para el análisis de tamaños por tamizado. El intervalo corriente de tamaño de partícula medido por estos métodos es de 50-3,000 μm . El tamaño de las partículas más gruesas se determina normalmente por medida directa (**Brown, 1965**). En cuanto a elaboración de harinas, **Charley (1987)** indica que un mínimo de 60% debe atravesar la malla de 180 micras.

2.13.- Envasado – almacenado.

2.13.1. Permeabilidad del vapor de agua

La protección de los alimentos de los gases y vapores que éstos presentan en el ambiente depende de la integridad del empaque incluyendo el sellado, el cierre y sobre todo la permeabilidad del material del empaque en sí mismo. Los gases y vapores (respectivamente) pueden permearse o atravesar los materiales de los empaques por los microscópicos poros y pequeños orificios (ver cuadros 08, 09 respectivamente) o se podrían difundir por medio del mecanismo molecular, conocida como difusión activa. En la difusión activa de los gases se considera que los gases son disueltos en el material del empaque y no en las caras de las superficies para difundirse a través del material del empaque en virtud de la gradiente de concentración y se reevapora en la otra cara del material de empaque. Las consideraciones de cinética y equilibrio que gobierna la transferencia de masa que es aplicable a la deshidratación y al proceso de liofilización de los alimentos.

CUADRO N° 08. Permeabilidad al oxígeno en varios materiales de empaque a 25 – 30°C

Materiales	Rango de permeabilidad $\text{Cm}^3 \text{ mil m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ atm}^{-1}$
Polietileno	6 000 – 15 000
Polietileno de alta densidad	1 500 - 3 500
Pliofilm	240 – 5 000 (a)
Saran	10 - 50
Celofán	20 – 5 000 (b)
Cloruro de Polivinilo	25 - 100
Mylar (poliester)	50 - 100
Acetato de celulosa	1 000 – 3 000 (b)
Papel recubierto con cera	100 – 15 000 (c)
Aluminio (en película)	0 (d)
Plásticos laminados	10 – 400 (e)

Fuente: Fennema, 1975.

(a) depende del tipo y cantidad del plastificador.

(b) depende de la humedad

(c) depende del tipo y la cantidad de revestimiento, humedad y otros factores

(d) para muestras no dañadas

(e) principalmente para laminados de celofán-polietileno y mylar-polietileno.

Primero, para cualquier gas dado en estos cuadros existen materiales con grandes diferencias en la permeabilidad. Así el cloruro de polivinideno (saran) es 100,000 veces menos permeable al oxígeno que la silicona rubber.

Segundo, existen algunas cosas comunes en la transmisión de diferentes gases a través de un mismo material. Normalmente el CO₂ atraviesa un material cuatro a seis veces más rápido que el nitrógeno. Desde que el CO₂ es el más grande en función al tamaño de molécula, el coeficiente de difusión va a ser menor, y por este motivo su coeficiente de permeabilidad, sin embargo es más alto por causa de su solubilidad "S", en los polímeros es mucho mayor que para otros gases. Los gases fijos también muestran los siguientes comportamientos ideales:

(a) La permeabilidad puede ser considerada independiente de la concentración y (b) la permeabilidad cambia con la temperatura como se muestra en la siguiente relación:

$B = B_o E^{-(E_p/RT)}$, donde:

Ep = es la energía de activación para la permeabilidad (Kcal/mol); Bo = es una constante

CUADRO N° 09 Permeabilidad de varios materiales al vapor de agua a 38°C y 95% de humedad relativa.

Materiales	Rango de permeabilidad cm ³ mil m ⁻² día ⁻¹ atm ⁻¹
Celofán	20 - 100
Nitrocelulosa-celofán revestido	0,2 -2
Saran – revestido con celofán	0,1 – 0,5
Polietileno	0,8 – 1,5
Polietileno de alta densidad	0,3 – 0,5
Saran	0,1 – 0,5
Aluminio (folil) espesor 0,00035 pulg.	0,1 – 1,0
Aluminio (folil) espesor 0,0014 pulg.	< 0,1
Laminados, papel plástico *	< 0,1
Papel encerado	0,2 - 15
Papel	0,2 – 5,0
Mylar	0,8 -1,5
Polipropileno	0,2 – 0,4

(*) Principalmente para laminados de celofán-polietileno y mylar-polietileno.

Fuente: Fennema, 1975.

2.13.2.- Efecto del tipo de empaque y de la temperatura de almacenamiento en la calidad del ajo deshidratado.

Los cambios producidos en el almacenamiento dependen de la misma naturaleza del producto, procesamiento o preservación, tipo de empaque, temperatura de almacenamiento y otras condiciones propias del almacenamiento. **Singh y Pruthi, (1959)** estudiaron el efecto del tipo de empaque y de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad del ajo en polvo, presentado en el cuadro N° 10 los resultados.

En general al respecto el autor comenta que para las condiciones de almacenamiento dadas, el contenido de alicina residual fue decreciente en todos los casos, apreciándose un marcado descenso al cabo de 12 semanas en el envase de hojalata, influyendo en ello la temperatura de almacenamiento. Así se muestra una pérdida de 9,9 % a 20°C, de 35% a 24 – 30°C y de 37% a 37°C, sin embargo, el envase de hojalata muestra un mejor comportamiento en la retención de este componente, debido a que asegura hermeticidad por su naturaleza metálica. Contrariamente la muestra envasada en polietileno presenta en todos los casos una mayor pérdida. Así al cabo de 12 semanas, pierde el 23,5 % a 0,2°C y 43,2% en las otras temperaturas, debido al escape de los sulfuros volátiles o componentes azufrados hacia el medio ambiente por la permeabilidad misma del polietileno. Con respecto al resultado de los demás envases no hay diferencia significativa entre ellos.

Posteriormente, estos mismos investigadores evaluaron los atributos de sabor y color para las mismas muestras almacenadas, obteniendo las siguientes conclusiones:

- En general, el deterioro del color y sabor fue máximo a la temperatura de 37°C y mínimo a 0 – 2°C.
- A las temperaturas de 0 – 2°C y de 24 – 30°C el envase hojalata aparece como la mejor y el polietileno como el peor en comparación con los demás envases.
- A 37°C el oscurecimiento (pardeamiento) fue máximo para las muestras en polietileno, en comparación con los demás pero con respecto al sabor la pérdida también fue máxima.



- Además, después de 20 semanas de almacenamiento se notificó la infestación de insectos, Más no para las otras temperaturas.

Finalmente son sugeridas en el empackado y almacenamiento ajo en polvo de bajo contenido en humedad (6%) en envases de hojalata herméticamente sellados o en botellas oscuras. Las bolsas de polietileno y cápsulas de gelatina no son buenas para climas tropicales (Singh y Pruthi, 1959).

CUADRO N° 10: Efecto del tipo de empaque y temperatura de almacenamiento sobre el contenido residual de Alil Sulfuros (%) presentes en el Ajo deshidratado (Humedad 8 - 10%).

Temperatura de Almacenamiento.	Tipo de empaque.	Tiempo (semanas)			
		6	12	20	40
0 – 2°C	Botella Transparente	0,76	0,66	0,66	0,62
	Botella oscura	0,76	0,66	0,66	0,62
	Hojalata	0,78	0,73	0,71	0,68
	Polietileno	0,76	0,62	0,58	0,49
	Tabletas	0,71	0,63	0,63	----
24 – 30°C	Botella Transparente	0,63	0,53	0,52	0,49
	Botella oscura	0,68	0,50	0,58	0,48
	Hojalata	0,68	0,52	0,52	0,50
	Polietileno	0,61	0,46	0,44	--
	Tabletas	0,66	0,52	0,51	--
37°C	Botella Transparente	0,62	0,45	0,41	0,37
	Botella oscura	0,61	0,47	0,43	0,38
	Hojalata	0,64	0,51	0,44	0,40
	Polietileno	0,58	0,46	0,39	0,33
	Tabletas	0,47	0,43	0,31	--

Fuente: Singh y Pruthi (1959).

2.14.- Evaluación sensorial.

La evaluación sensorial ha sido definida como una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar o interpretar reacciones de aquellas características de alimentos y materiales que son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. (Cordero, 1989).

2.14.1.- Selección, entrenamiento y conducción del panel sensorial.

2.14.1.1.- Selección y entrenamiento

Según Anzaldua (1994), la selección de individuos apropiados para la participación en paneles de entrenamientos (analíticos), es esencial para un desempeño efectivo del panel. El entrenamiento inicial puede ser usualmente complicado durante el proceso de selección. Los métodos más frecuentes utilizados para seleccionar y entrenar panelistas en el laboratorio son como sigue:

- Pruebas de sensibilidad para determinar el reconocimiento de gustos básicos. Aun no hay evidencia que la sensibilidad a lo dulce, agrio, salado y amargo esté relacionada la ejecución sobre los paneles sensoriales, los juicios de los panelistas deberían de ser capaces de diferenciar, sin lugar a equivocarse entre estas sensaciones para evitar confusión de terminología de gustos.
- Las pruebas de diferencia para determinar la habilidad para detectar variaciones específicas de la prueba del producto y para generar resultados reproducibles.
- Las pruebas descriptivas para determinar la capacidad de medir diferencias y generar resultados reproducibles. Como las pruebas de diferencias, las variaciones del producto ilustradas durante el proceso de selección deberían ser similares a aquellos en los cuales se encuentran durante la operación actual del panel y la escala del rating usada debería ser empleada por la misma así como la que será usada durante la operación.

2.14.1.2.- Conducción del panel.

Para conducir o llevar acabo las evaluaciones en los paneles de evaluación sensorial se deben tener en cuenta ciertas condiciones deseables. Como un tiempo conveniente para que el panelista haga su prueba. Un lugar confortable y privado para degustar los alimentos. Una sala libre de ruido y confusión en el área de pruebas. Una sala libre de olores extraños tales como sustancias químicas, perfumes y cigarrillo. Luz suficiente; en ciertas ocasiones pueden ser usadas luces rojas o de otro color para ocultar el color de algunos alimentos **(Anzaldúa, 1994)**.

Se debe dar instrucciones específicas, de esta forma el panelista sabrá exactamente lo que se está buscando y como registrar la información que se quiere. Es conveniente una reunión preliminar con todos los miembros del panel, enseñándoles la colección de muestras y fichas elaboradas que serán usadas; esto podría ayudar a los panelistas contestar las preguntas, conocer el mejor método para juzgar cada característica y aclarar cualquier confusión acerca del significado de los términos usados en las fichas.

Además, permitirá obtener mayor variedad en las respuestas vertidas por el panel. Los miembros del panel no deben participar en la evaluación, si las personas están enfermas o si el alimento les repugna o les desagrada. Además es recomendable proveer al catador de agua para que después de hacer su degustación pueda suprimir el sabor entre una muestra y otra y no interferir su resultado **(Pedrero, 1996)**.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de Ingeniería y Diseño (LID), Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), Laboratorio de Microbiología Aplicada y Planta piloto de la Universidad Nacional de San Martín.

3.2. Materia prima

La materia prima utilizada fue Ajo (*Allium sativum* L.) de la variedad Valenciano Rosado producido en el departamento de Cajamarca. Fueron adquiridos 10 kilos en el mercado local de Tarapoto.

El índice de madurez del ajo se determinó mediante análisis químico proximal, encontrándose resultados similares (cuadro N° 13) a los reportados por Salunke (2003).

3.3. Equipos, materiales y reactivos utilizados

3.3.1. Equipos

- Balanza Digital DENVER INSTRUMENT COMPANY, capacidad 6 Kg, exactitud 0.1g.
- Mufla Thermolyne 1500 Furnace, temperatura máxima 1200°C, 2240 watts, USA.
- Estufa MEMMERT, tipo U30, Temperatura máxima 220°C, 1400 Watts.
- Balanza electrónica, capacidad 500 g., exactitud 0.1 g.
- Colorímetro Minolta Triestimulo modelo CR 400 CIElab.
- Cocina eléctrica Fisher, temperatura máxima 600 °C.
- Digestor Buchi para proteína, tipo B425, 1100 Watts, Suecia.
- Equipo Semi-microkjeldhal, Marca J. P.-Selecta, Modelo 627,220 voltios, 2000 Watts.
- Destilador microkjeldhal marca Buchi.
- Extractor Soxhlet.
- Equipo de titulación.
- Selladora. eléctrica.
- Anemómetro.
- Secador por flujo de aire caliente equipado con un termostato, lámpara piloto(Fig. 07)
- Molino manual y de discos.

- Equipo de tamizado con mallas ASTM de 20, 40, 80 100 y 200 mm.

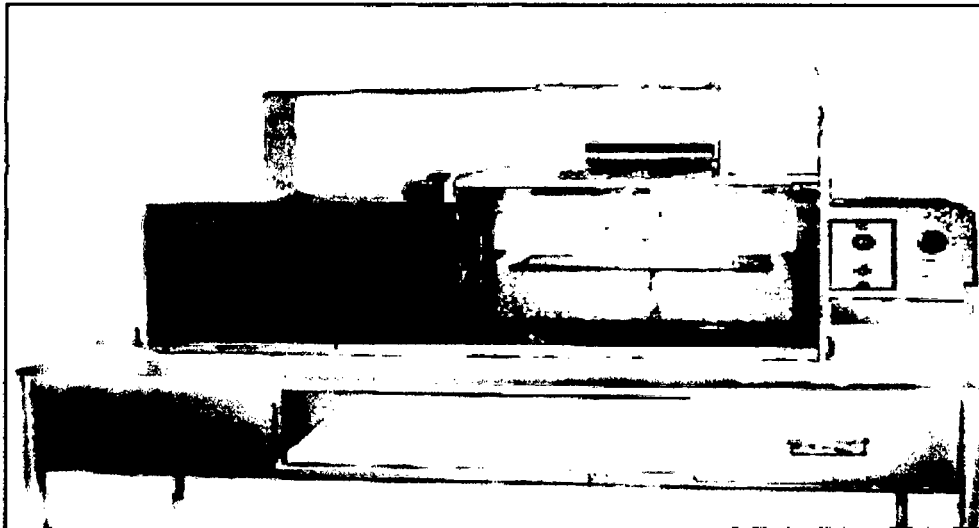


Figura 05. Secador por flujo de aire caliente.

3.3.2 Materiales

- Picador manual.
- Vasos de precipitación de 100, 250 y 100 ml.
- Termómetros de mercurio.
- Material de vidrio
- Empaques de polietileno de alta densidad.
- Empaques laminados.

3.3.3.-Reactivos:

- Ácido sulfúrico
- Sulfato de fierro II
- Sulfato de potasio
- Sulfato de cobre
- Hidróxido de sodio
- Ácido bórico
- Ácido clorhídrico.

3.4 Caracterización físico – química.

3.4.1.- Caracterización física

En la caracterización física se evaluó el color en la parte externa y en la parte comestible se evaluaron: color, textura, número promedio de dientes, peso aproximado del diente, peso aproximado del bulbo, largo y ancho del diente y olor.

3.4.2 Caracterización química.

Se realizaron análisis químico proximal en la materia prima y en producto final:

3.4.2.1.- Humedad

Fue utilizada realizó por el método de estufa: 105 °C durante 24 horas (AOAC, 1990).

3.4.2.2.- Proteína total

Se utilizó el método microkjeldhal (AOAC, 1990). El porcentaje de nitrógeno se multiplicó por el factor 6,25 que corresponde a verduras y hortalizas.

3.4.2.3.- Grasa total

Fue determinada por extracción con éter etílico como solvente, mediante el método Soxhlet (AOAC, 1990).

3.4.2.4.- Ceniza total

Se determinó por calcinación de la muestra en mufla, a 550 °C, durante cuatro horas y media (AOAC, 1990).

3.4.2.5.- Fibra total

Se determinó por hidrólisis ácida y alcalina (AOAC, 1990).

3.4.2.6.- Carbohidratos totales

Se obtuvo por diferencia, restándose de 100 la sumatoria de porcentajes de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra.

3.4.2.7.- Determinación de pH

Se determinó por el método electrométrico, mediante pH-metro digital a 20° C, la medición se realizó en una solución filtrada de 10 gramos de ajo en polvo en 100 ml de agua destilada (AOAC 1990).

3.5.- Metodología experimental.

3.5.1 Flujo preliminar de procesamiento.

El flujo preliminar de procesamiento se muestra en la Figura N° 06

Después de la caracterización física química de la materia prima se realizaron las siguientes operaciones:

3.5.1.1 Selección

La selección consistió en separar los bulbos de ajo en mal estado, aquellos que mostraron signos de deterioro físico microbiano (presencia de hongos), así como los de dientes de tamaño pequeño, menores a 2 cm. de largo.

3.5.1.2 Pesado

Con la finalidad de conocer el rendimiento, la materia prima seleccionada fue pesada en una balanza electrónica de precisión.

3.5.1.3 Pelado

En esta etapa se ensayaron dos métodos de desprendimiento de la cáscara sugeridos por **Madamba et al. (1996)**:

- Aire caliente a 50 °C por una hora.
- Agua tibia a 37 °C por dos horas.

3.5.1.4 Lavado.

El lavado se realizó con agua a presión con la finalidad de eliminar materia extraña, posteriormente se dejó orear por un lapso de 10 minutos, a fin de que se evapore el agua superficial.

3.5.1.5 Picado.

Operación que se llevó a cabo utilizando un picador doméstico manual de plástico con cuchilla de acero inoxidable, graduando para hojuelas de 2, 3 y 4 mm. de espesor.

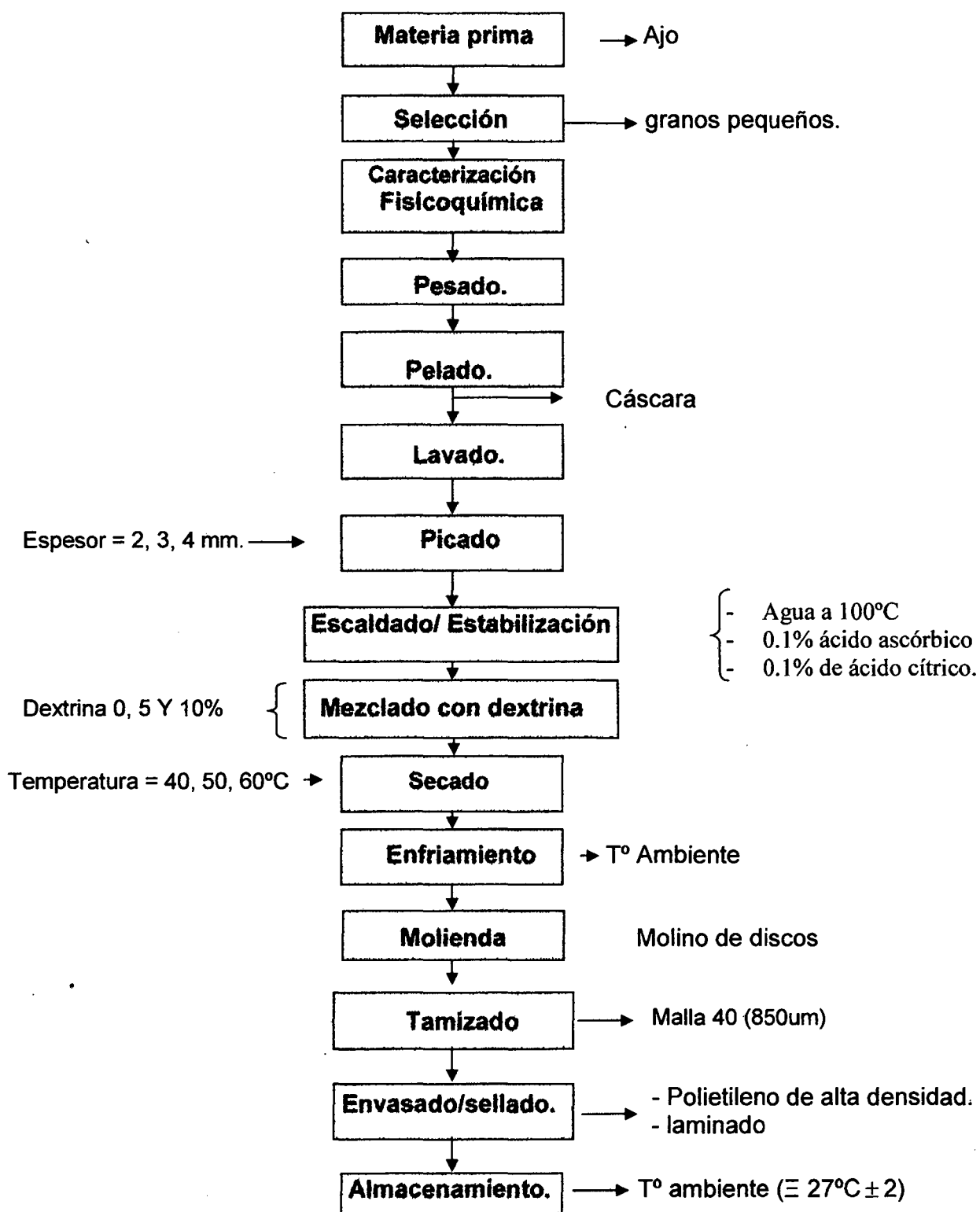


Figura N° 06: Flujograma preliminar para la obtención de ajos (*Allium Sativum* L.) en Polvo.

3.5.1.6 Escaldado y estabilizado

Con la finalidad de impedir el oscurecimiento enzimático y los cambios en el color y sabor de los productos al ser procesados se realizó un proceso de escaldado que consistió en someter a las hojuelas de ajo en agua caliente (100 °C) por 1, 2, 3, 4, 5 minutos. Para determinar si la enzima fue o no inactivada se realizó la prueba de la peroxidasa. La hojuela se colocó en una placa petri, se añadió H₂O₂ y guayacol, si la enzima no fuera destruida se produciría un cambio de coloración en el tejido (**Baldeon, 1988**).

Además del escaldado se realizaron también otras pruebas de estabilización como se describe a continuación:

Inmersión en soluciones de ácidos cítrico y ascórbico.

Las hojuelas de ajo fueron inmersas en soluciones acuosas de ácido cítrico y ácido ascórbico al 0.1%, p/p durante 1, 2, 3, 4 y 5 minutos; proceso utilizado por **Van Arsdel, (1973)** para la estabilización de hortalizas.

Las muestras fueron tratadas con ácido cítrico y ácido ascórbico con la finalidad de inhibir la oxidación enzimática y observando la influencia de los tratamientos en el cambio de olor y color de las hojuelas. El cambio de olor fue evaluado sensorialmente y el cambio de color fue mediante el uso del Colorímetro Minolta CR400, este reporta valores de luminosidad (L*), cromaticidad (a*) y saturación (b*) (**KONICA MINOLTA, 2003**).

3.5.1.7. Adición de dextrina

Con la finalidad de evitar que las hojuelas se adhieran entre si y aumentar la velocidad de secado se adicionó dextrina en cantidades tales que representaron el 5 y 10% del peso de las hojuelas.

3.5.1.8 Secado.

Las hojuelas de ajo de 2, 3 y 4 mm de espesor fueron colocados en una malla de 0.09618 m² siendo el tamaño muestral respectivo de 250 gr, 275 gr y 300 gr para muestras sin dextrina, se deshidrataron con aire caliente a 40, 50 y 60° C, con una velocidad de aire constante de 3 m/s. Durante el proceso de secado se controló la

pérdida de peso a través de una balanza de precisión por intervalos de tiempos crecientes hasta completar el tiempo total de secado (7-24 horas) o alcanzar peso constante. A partir de la variación de la masa con el tiempo, se graficaron las curvas de cinética y velocidad de secado.

3.5.1.9 Enfriado.

Una vez alcanzado el peso constante o el tiempo límite de secado (24 h), las muestras fueron retiradas y colocadas en frascos de vidrio para su enfriamiento para luego proceder a la molienda, tamizado, empacado y sellado (**Madamba et al., 1996**).

3.5.1.10 Molienda.

Con la finalidad de reducir el tamaño de las hojuelas de ajo deshidratadas, se sometieron las muestras correspondientes a cada tratamiento a una molienda grosera, utilizando un molino manual y luego se realizó un análisis granulométrico para determinar el tamaño de partículas (**Geankoplis, 1998**).

3.5.1.11.- Tamizado.

A fin de obtener el ajo deshidratado en la presentación definida como ajo en polvo, se tamizaron las muestras utilizando las mallas ASTM número 20, 40, 80, 100 y 200 respectivamente, consiguiéndose un rango en el tamaño de partícula característico de esta presentación (**Charley, 1987**).

3.5.1.12 Envasado.

Las muestras de ajos en polvo (Garlic powder) se envasaron en sobres bilaminados y polietileno de alta densidad con unidades experimentales de tres gramos (3gr), realizando los análisis de humedad y pH cada 15 días (anexo N° 05).

3.5.1.13 Almacenado.

Los productos debidamente envasados y rotulados fueron almacenados durante 3 meses en condiciones ambientales (entre 25 y 30°C y 70 – 90% H.R.) entre los meses marzo a mayo de 2006, en este periodo se observaron los cambios que se producen en los mismos: humedad, y pH (anexo N° 05), olor y sabor.

3.6 Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos realizados fueron:

- Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias.
- Mohos / Levaduras.

Según el método descrito por **García (2000)**.

3.7 Evaluación sensorial.

Las pruebas de evaluación sensorial se realizaron para los atributos de olor y sabor de ajo deshidratado en polvo recién elaborado y durante el almacenamiento de 1, 2 y 3 meses, para ello se aplicaron pruebas de clasificación de atributos por Escala Hedónica como se muestra en el anexo N° 01.

El panel de degustación lo conformaron 20 panelistas semi entrenados, quienes emitieron su respectiva aprobación o desaprobación mediante la hoja de evaluación. Los resultados obtenidos se analizarán mediante el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA).

Estas pruebas se llevaron acabo utilizando los laboratorios de la Universidad Nacional de San Martín; para cada evaluación se dió un puntaje de 1 a 7 correspondiendo este rango a los calificativos de me gusta muchísimo, me gusta mucho, me gusta ligeramente, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta ligeramente, me disgusta mucho, me disgusta muchísimo. En el anexo N° 01 se muestra el formato que se utilizó para la evaluación.

3.8. Diseño experimental

Se realizo un diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial, en donde las variables independientes fueron: temperatura (40, 50 y 60 °C), espesor (2, 3 y 4 mm) y adición de dextrina (0, 5 y 10%); la variable dependiente fue la humedad de las hojuelas en un determinado tiempo de secado, la distribución se observe en el cuadro N° 11.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante el análisis de varianza (ANVA) con un nivel de significancia de 5%, utilizando la metodología de superficie de respuesta, de existir diferencia significativa se realizará la prueba de DUNCAN para elegir el mejor tratamiento.

Cuadro N° 11: Diseño experimental

Temperatura °C	Espesor Mm	Dextrina %
40	2	0
40	2	5
40	2	10
40	3	0
40	3	5
40	3	10
40	4	0
40	4	5
40	4	10
50	2	0
50	2	5
50	2	10
50	3	0
50	3	5
50	3	10
50	4	0
50	4	5
50	4	10
60	2	0
60	2	5
60	2	10
60	3	0
60	3	5
60	3	10
60	4	0
60	4	5
60	4	10

3.9.- Análisis físicos del producto final.

3.9.1.- Rendimiento.

Para evaluar el rendimiento total del producto se realizaron pesadas a través de todas las etapas de obtención de los ajos en polvo (**Pezzutti y Crapiste, 1997**).

3.9.2.- Granulometría.

Se siguió el método descrito por **Geankoplis (1988)**, para lo cual se pesó aproximadamente 50 gramos de muestra molida y se pasó por un tamiz ASTM de 20,

40, 80, 100 y 200 mallas. Se construyó una curva de diámetro de partículas en un eje y el porcentaje acumulado retenido por cada tamiz en el otro eje.

3.9.3.- Rehidratación.

Para determinar la rehidratación se utilizó la secuencia recomendada por **Cheftel, 1976** para calcular la absorción de agua en los alimentos deshidratados. Se realizó en una campana saturada de agua, controlando la ganancia de peso por el ajo en polvo durante 24 días.

3.9.4.- Isotermas de adsorción.

Se siguió la secuencia recomendada por **Cheftel, 1976**.

- Se determinó la humedad inicial de la muestra, pesando aprox. 5gr de muestra y seguidamente poniendo esa muestra en la estufa a 110 °C, después de 48 horas se pesó para realizar los respectivos cálculos en la siguiente relación:

$$\boxed{\%H_{inicial} = \frac{p_i - p_f}{p_f}} \quad \boxed{\%S = 100 - \%H_{inicial}} \quad \text{----- (1)}$$

- Se pesó aproximadamente 2 gr de muestra por cada campana de desecación con su respectiva solución saturada, más una campana con agua.
- Se dejó hasta equilibrio (21 días) y determinándose la humedad de equilibrio en 2 repeticiones.
- Luego se ajustaron las humedades de equilibrio versus actividad de agua usando las ecuaciones de **BET, GAB y OSWIM**:

Ecuación de BET:

$$X = X_m \frac{Ca_w}{(1 - a_w)[1 + (C - 1)a_w]}, \quad \text{----- (2)}$$

donde:

X_m = Humedad de monocapa

a_w = actividad de agua

C = parámetro

Ecuación de GAB:

$$X = X_m \frac{Cka_w}{(1 - ka_w)[1 + (C - 1)ka_w]} \quad \text{-----} \quad (3)$$

donde C y k son parámetros.

Ecuación de OSWIN:

$$X = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^n \quad \text{-----} \quad (4)$$

donde a y n son constantes.

3.9.5.- Determinación de difusividad del agua

Se determinó la difusividad del agua por medio de ajuste no lineal de los datos experimentales a la ecuación de Fick, y para ello se utilizó el programa MICROCAL ORIGIN 3.5 y el programa STATISTICA 5.0.

Ecuación de Fick

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} \quad \text{-----} \quad (5)$$

Solución de la ecuación de Fick para placa plana:

$$\frac{X - X^*}{X_t - X^*} = \frac{X}{X_t} = \frac{8}{\pi^2} \left[e^{-D_L t \left(\frac{\pi}{2x_1} \right)^2} + \frac{1}{9} e^{-9D_L t \left(\frac{\pi}{2x_1} \right)^2} + \frac{1}{25} e^{-25D_L t \left(\frac{\pi}{2x_1} \right)^2} \right] \dots\dots\dots (6)$$

donde:

X = humedad (kg H₂O/kg s.s)

X^* = humedad en el punto crítico.

X_0 = humedad inicial.

X_1 = ½ espesor.

D = Difusividad.

t = tiempo.

(Geankoplis 1988).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Características de la materia prima

4.1.1.- Características físicas del ajo fresco.

Las características físicas de los bulbos de ajo, valenciano rosado de primera calidad, se presentan en el cuadro N° 12.

La disposición de los dientes de Ajo respecto a su eje floral hace que el tamaño de los mismos no sea homogéneo; sin embargo esto no significa mayor dificultad en las operaciones de despelucado y picado.

El sistema radicular es bulboso, compuesto de 6 a 12 bulbillos ("dientes de ajo"), reunidos en su base por medio de una película delgada, formando lo que se conoce como "cabeza de ajos". Cada bulbillo se encuentra envuelto por una túnica blanca, a veces algo rojiza, membranosa, transparente y muy delgada, semejante a las que cubren todo el bulbo, las características predominantes de la variedad valenciano rosado se observa en el cuadro N° 12, similar a lo reportado por Díaz (1962).

CUADRO N° 12: Características físicas de los bulbos de ajo variedad Valenciano Rosado.

<i>Parte externa</i>	<i>Característica</i>
Color	Rosa azulado*
<i>Parte comestible</i>	<i>Característica</i>
Color	Blanquecino*
Textura	Firme
Número de dientes (prom.)	8 a 10
Peso aprox. / diente	20 – 60 gr.
Peso promedio del bulbo	180 gr.
Largo (prom.)	2.5cm
Ancho (prom.)	1.5cm
Olor	Característico

* ver anexo N° 07

4.1.1.1.-Rendimiento

En el cuadro N° 13 se presenta el rendimiento promedio en la obtención de los dientes de ajo, que es de 92% de la materia prima recibida. Este resultado el cual es favorable para la industrialización, de acuerdo a lo reportado por **Haciseferogullari et al. (2004)** en propiedades tecnológicas y nutricionales del ajo. La diferencia (8%) esta constituida principalmente por las cubiertas celulósicas (que envuelven al conjunto de dientes), raicillas y ejes florales, así como dientes de ajo deteriorados o muy pequeños (menores de 1 cm. de largo).

Pelado

Después de realizar los ensayos de desprendimiento de la cáscara; descritos en materiales y métodos, se observó que la inmersión en agua a 37° C por dos horas facilita el trabajo.

Cuadro N° 13: Rendimiento en peso del grano de ajo.

Ensayo	Ajo con cáscara (gr)	Ajo sin cáscara (gr)	Rendimiento
1	20,00	18,5	92,50
2	18,00	16,50	91,70
3	19,00	17,70	93.20
4	19.50	17,52	89.80
5	20,00	18,60	93,00
Promedio = 92,03			

4.1.2.- Análisis químico proximal de ajo fresco.

Los resultados del análisis químico proximal del ajo fresco (*Allium sativum*), como promedio de tres determinaciones, se detallan en el cuadro N° 14; estos son similares a los obtenidos por Collazos (1960) y Salunkhe (2003). Así, la humedades reportadas por Collazos (1960) y Salunkhe (2003) fueron de 62.5 y 62.8 % b.h., respectivamente.

Cuadro N° 14: Composición química del ajo Valenciano Rosado.

(Composición en 100 gr de muestra de Ajo (*Allium sativum*).)

COMPONENTES	Muestra Fresca(g)
Humedad	61,65
Proteína total (1)	4,96
Carbohidratos (2)	31,93
Grasa	0,12
Cenizas	1,32
Fibra	0,019
Sólidos totales.	38,4

(1) obtenido por factor 6,5 X N. (2) obtenido por diferencia.

Los resultados del análisis proximal para la variedad en mención se muestra en el cuadro N° 14, estos porcentajes tienen una diferencia mínima con respecto a lo mencionado por **Salunkhe (2003)**. Las variaciones fisicoquímicas se deben posiblemente a diferencias en: nutrición, tamaño de fruto, efectos climatológicos y estacionarios, tipo de suelo, humedad del suelo, empleo de hormonas y otros productos químicos.

4.1.2.1.- pH

El valor obtenido de pH, para el ajo en polvo fue de 6.44, el cual es similar a lo reportado por **Collazos (1962)** para Ajo morado Arequipeño con un pH de 6.5.

4.1.2.2.- Escaldado y estabilización

Las pruebas realizadas indicaron que, en los tiempos estudiados la enzima fue inactivada, sin embargo también fueron observados cambios en la textura y eliminación del olor y sabor característico de las hojuelas de ajo.

Las hojuelas de ajo inmersas en solución de ácido ascórbico (0.1 % p/p) a diferentes tiempos (1, 2, 3, 4 y 5 min) fueron secadas y mediante el colorímetro Minolta CR 400 fueron determinados los cambios de color. Los valores de luminosidad (L*), cromaticidad (a*) y saturación (b*) de las muestras sin tratamiento e inmersas en

solución de ácido ascórbico se presentan en el Cuadro 15. En la Figura 07 se puede observar la variación de la luminosidad (*L) con el tiempo de inmersión; la luminosidad aumentó con el aumento del tiempo de inmersión, es decir existió una tendencia al blanco, hasta el cuarto minuto, después del cual descendió con el aumento del tiempo de inmersión. El parámetro b* (saturación, indica la variación del color de azul a amarillo) tuvo similar comportamiento que la luminosidad, solo que en menor dimensión, aumentando con el aumento del tiempo de inmersión hasta llegar a un máximo y luego decreciendo con el incremento del tiempo de inmersión. El parámetro a* (cromaticidad, indica variación del color de verde a rojo) varió mínimamente con el incremento del tiempo de inmersión, debido a que el ajo no contiene pigmentos que le den la coloración de estudio de ese parámetro.

Si con la inmersión en ácido ascórbico de las hojuelas se observó una mejora en el color, en cambio se produjeron efectos desfavorables en el olor y sabor del ajo, es decir se produjo pérdida del olor y sabor característicos; esto posiblemente porque el ácido ascórbico destruyó los dobles enlaces presentes en la molécula de la alicina formando aldehídos y cetonas (Cheftel, 1983). Según Stoll y Seebeck (1950), el pH óptimo de actividad de la alinasa es en el rango de 5 a 8 y el punto isoeléctrico es a pH 4; la solución acuosa de ácido ascórbico al 0.1 % (p/p) tuvo un pH de 3.12, provocando, posiblemente, los cambios indeseables en el olor y sabor de las hojuelas secas. Así mismo, Solomons (1979) menciona que los ácidos son catalizadores que rompen las cadenas de dobles enlaces y sufren un proceso de oxidación formando sabores amargos.

De acuerdo con Van Arsdel (1973) y Cheftel (1983), el ajo y la cebolla nunca se blanquean antes de la deshidratación, pues la formación de su aroma característico, que aparece cuando se corta el tejido, depende de reacciones enzimáticas que no se deben inhibir.

Cuadro N° 15: Muestra con ácido ascórbico 0,1%

Tiempo	L	a	B
t ₀	26,26	5,93	2,51
t ₁	39,52	4,3	20,18
t ₂	51,51	3,27	25,08
t ₃	55,13	3	29,47
t ₄	68,33	4,45	33,16
t ₅	42,01	4,61	20,4

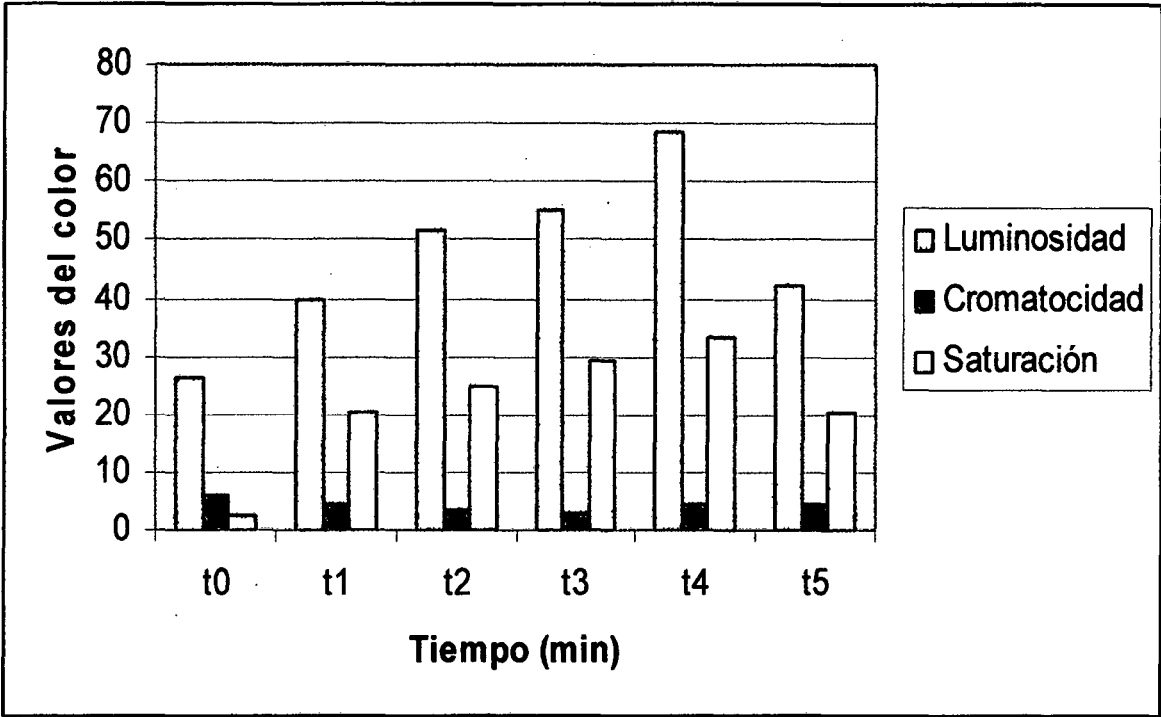


Figura 07: Variables (*L, *a, *b) que definen el color de ajos estabilizados y secados con ácido ascórbico al 0,1%

Los valores de luminosidad (L*), cromaticidad (a*) y saturación (b*) de las muestras sin tratamiento e inmersas en solución de ácido cítrico se presentan en el cuadro 16, y en la Figura 08; en ellos se puede observar que los parámetros estudiados tienen similar comportamiento al observado para las hojuelas tratadas con ácido ascórbico al 0.1 %. Lo mismo se podría decir en relación al cambio del olor y sabor de las hojuelas de ajo secas, siendo el pH de la solución acuosa de ácido cítrico al 0.1 % (p/p) de 3.6.

Cuadro N° 16: Efecto del ácido cítrico sobre el color del ajo 0,1%

Tiempo	L	a	B
t ₀	26,26	5,93	2,51
t ₁	41,21	5,27	22,03
t ₂	52,13	4,45	26,01
t ₃	54,71	2,89	25,95
t ₄	63,85	3,98	21,13
t ₅	40,9	4,51	20,81

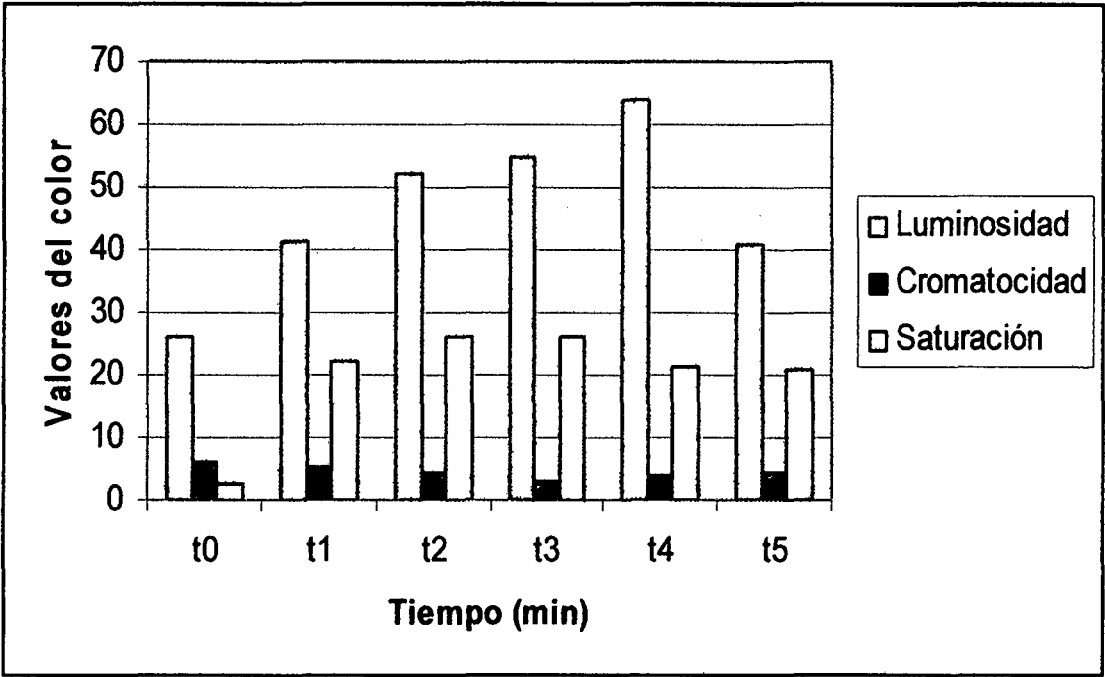


Figura 08: Variables (*L, *a, *b) que definen el color de ajos estabilizados y secados con ácido cítrico al 0,1%

4.2.- Proceso de secado y obtención de ajo en polvo.

4.2.1.- Cinéticas de secado de hojuelas de ajo sin dextrina

En la Figura 9, se muestran las cinéticas de secado de hojuelas de ajo con espesores de 2, 3 y 4 mm y 40 °C. En ella se puede observar, en las primeras horas, la existencia del periodo de velocidad constante (pendientes constantes) para los tres espesores y además muestra coincidencia de los puntos experimentales iniciales, indicando que las velocidades de secado en ese periodo son similares, confirmando que la velocidad de secado constante depende de las condiciones del aire de secado. En las siguientes horas se observa que la velocidad de secado disminuye con el aumento del espesor, esto porque al aumentar el espesor, las moléculas de agua realizan un mayor recorrido desde el interior hasta la superficie en donde se evapora, implicando mayor tiempo, disminuyendo así la velocidad de secado; así por ejemplo, a las 12 horas de secado, las hojuelas a 2, 3 y 4 mm alcanzan las humedades de 0.28, 0.41 y 0.52 kg agua/kg ss de humedad en base seca, respectivamente. En la figura también se puede observar que las humedades de equilibrio alcanzadas son altas, considerando que, para que las hojuelas de ajo puedan ser molidas, deben tener como máximo 0.07 kg agua/kg ss de humedad (**Pezzutti A; Crapiste, 1997**), las hojuelas secadas en estas condiciones no pudieron ser utilizadas para la obtención de ajo en polvo.

En la Figura 10 se muestran las cinéticas de secado de hojuelas de ajo con espesores de 2, 3 y 4 mm y 50 °C. En ella se puede observar, en las primeras horas, que el periodo de velocidad constante de secado (pendientes constantes) para los tres espesores es similar a la Figura 09; en las siguientes horas se observa que la velocidad de secado disminuye conforme va perdiendo humedad. En la misma figura se puede observar que a partir de 7 horas de secado, las humedades de las hojuelas a 2 y 3mm son similares, esto porque las hojuelas se acercaron a su humedad de equilibrio, siendo esta independiente del espesor. Las hojuelas de 4 mm alcanzaron humedad de equilibrio más alta, posiblemente por la formación de costra en la superficie que impidió la salida del agua presente.

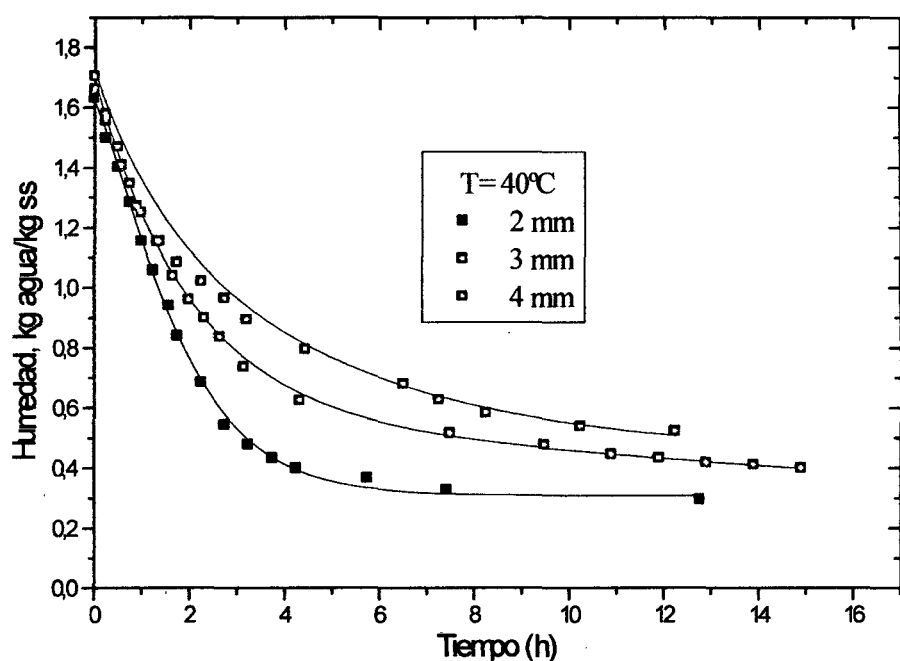


Figura 09: Cinética de secado a temperatura de 40 ° C con 2, 3 y 4 mm de espesor.

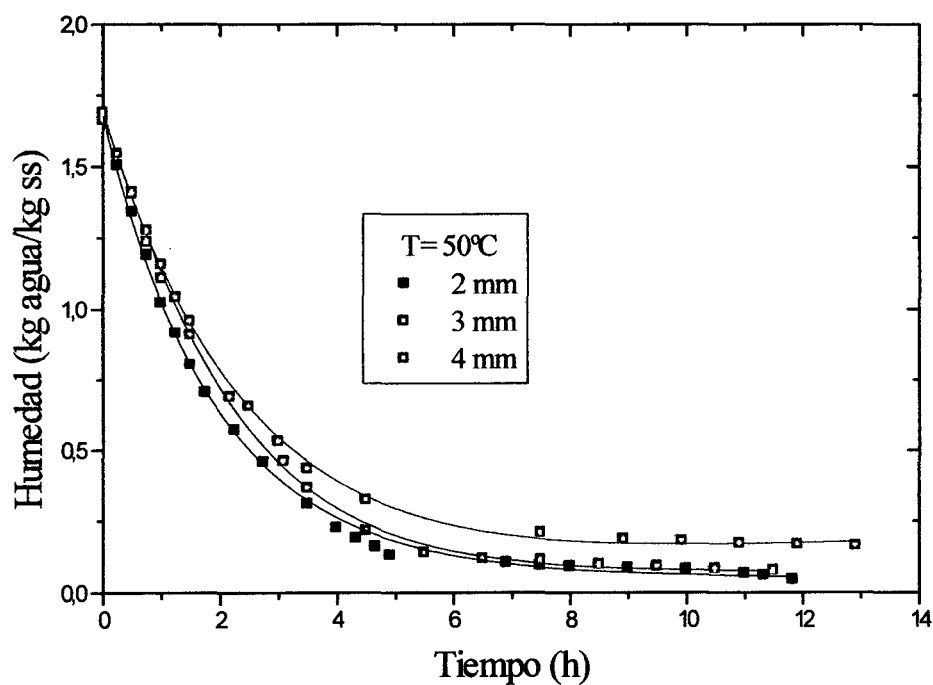


Figura 10: Cinética de secado a temperatura de 50 ° C con 2, 3 y 4 mm de espesor.

En la Figura 11 se muestran las cinéticas de secado de hojuelas de ajo con espesores de 2, 3 y 4 mm a 60 °C. En ella se puede observar, que el periodo de velocidad constante de secado es corto para los tres espesores, esto debido a la influencia de la temperatura de aire, provocando una mayor transferencia de humedad hacia el aire circundante. En la misma figura se puede observar que las humedades de equilibrio alcanzadas en las hojuelas de 2 y 3 mm de espesor fueron similares, no así las hojuelas de 4mm de espesor que alcanzó una humedad de equilibrio mayor, esto posiblemente por la formación de costra en la superficie. El espesor de las hojuelas influyó en el tiempo en que alcanzaron el equilibrio; así por ejemplo las hojuelas de 2, 3 y 4 mm alcanzaron el equilibrio a las 5,34; 7,0 y 10 horas, respectivamente.

Cuando la temperatura de secado es mayor, las muestras están expuestas por menor tiempo a la corriente de aire caliente conservando mejor sus características de olor y sabor en las hojuelas de ajo, esto coincide con lo reportado por **Sacilik (2005)** en el secado de ajo en trozos.

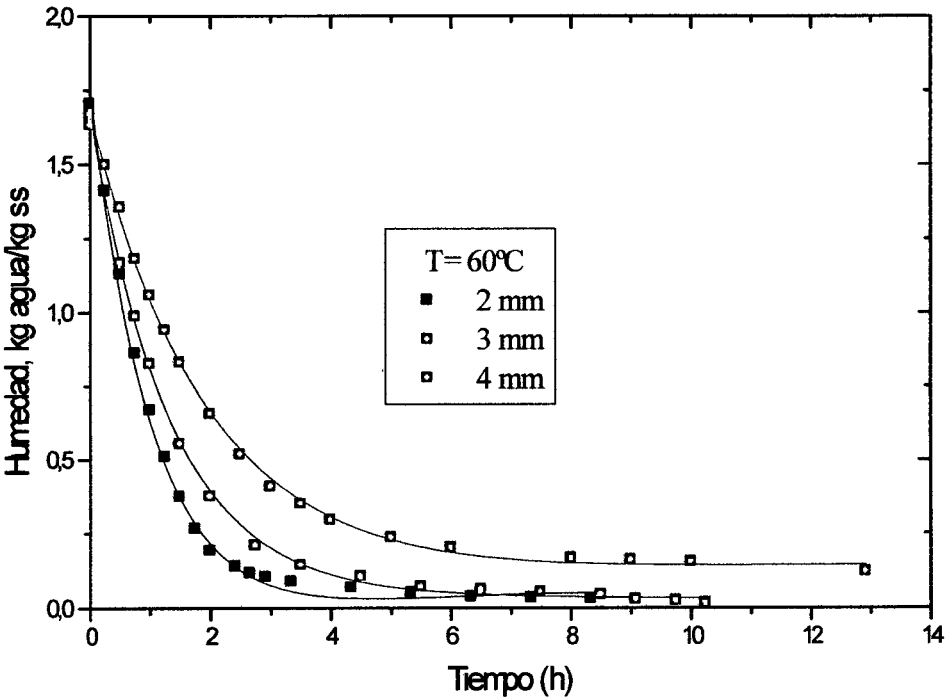


Figura 11: Cinética de secado a temperatura de 60 °C con 2, 3 y 4 mm de espesor.

4.2.2.- Efecto de la temperatura.

En las Figuras 12, 13 y 14 se presentan las curvas de cinética secado a diferentes temperaturas (40, 50 y 60°C) con un mismo espesor (2, 3 y 4mm) de corte del ajo.

En la Figura 12 se puede observar la influencia directa de la temperatura sobre las cinéticas de secado (hojuelas de 2 mm de espesor), a mayor temperatura menor será el tiempo de secado; esto debido a que las moléculas de agua son transferidas a mayor velocidad desde el interior hasta la superficie donde se evapora, y aun mismo tiempo las humedades alcanzadas son menores cuando se aumenta la temperatura, por ejemplo a las 7 horas de secado las humedades fueron de 0.93, 0.20 y 0.04 kg agua/kg ss para 40, 50 y 60 °C, respectivamente, resultados que son similares a los indicados por **Sacilik, 2005** para ajo deshidratado en trozos.

En las Figuras 13 y 14 se observa que la temperatura influye menos conforme aumenta el espesor de corte, debido que al aumentar el espesor, las moléculas de agua realizan un mayor recorrido desde el interior hasta la superficie en donde se evapora, implicando mayor tiempo disminuyendo así la velocidad de secado; además cuando el espesor es mayor y la temperatura es alta, este se encostra llegando al equilibrio con altas humedades, como ejemplo tenemos que para 4 mm y en las 11 primeras horas, se tiene 0.52; 0,17 y 0,11 kg agua/kg ss de humedad para temperaturas de 40, 50 y 60°C respectivamente.

En la Figura 15 tenemos la superficie de respuestas para 2, 3, y 4mm de espesor secadas a 40, 50, 60°C de temperaturas constantes; en ella se muestra la influencia del espesor y la temperatura. En la figura se puede observar que la temperatura tuvo una fuerte influencia sobre la humedad alcanzada a las 5 horas de secado, sin embargo se observa que el espesor solo influyó en la humedad de secado a 40 °C; a 50 y 60 °C la humedad alcanzada fue independiente del espesor de las hojuelas.

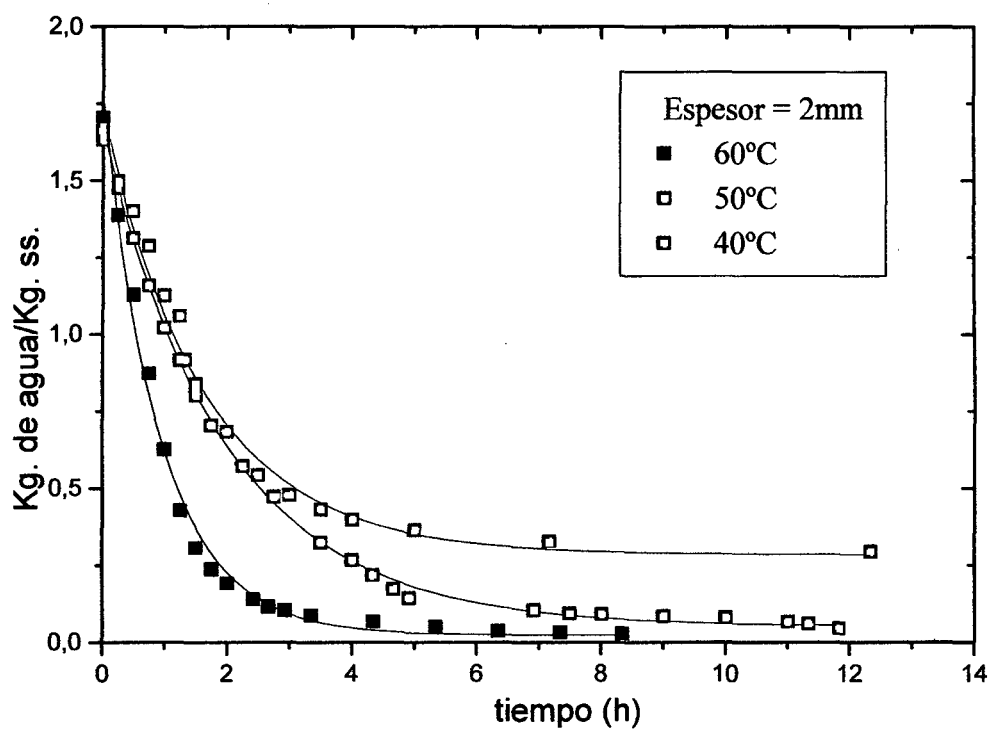


Figura 12: Cinética de secado a 40, 50 y 60°C y 2 mm de espesor.

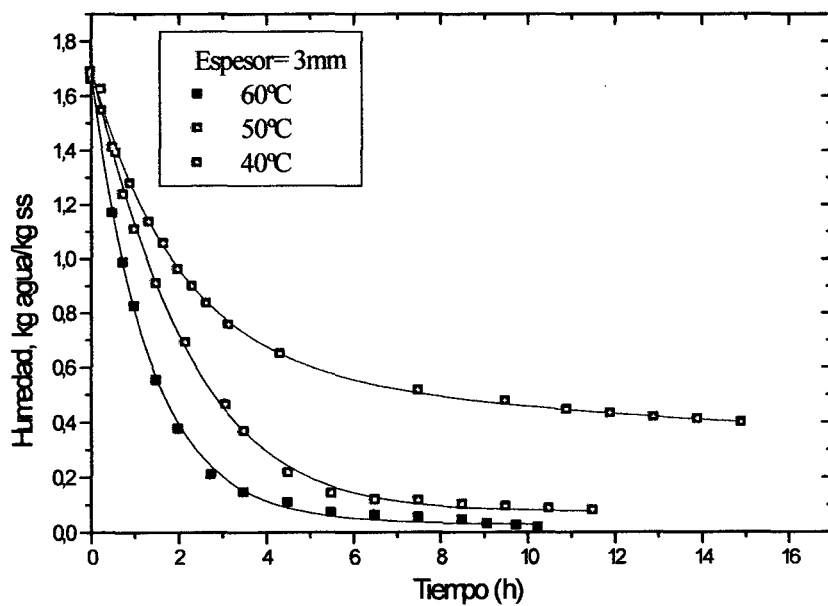


Figura 13: Cinética de secado a 40, 50 y 60°C y 3mm de espesor.

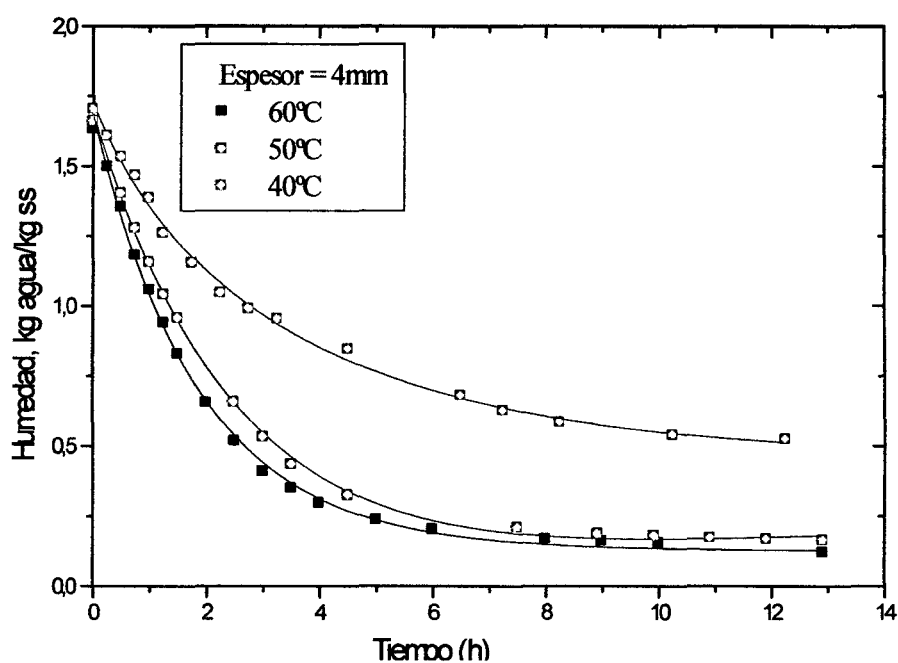


Figura 14: Cinética de secado a 40, 50 y 60°C y 4 mm de espesor.

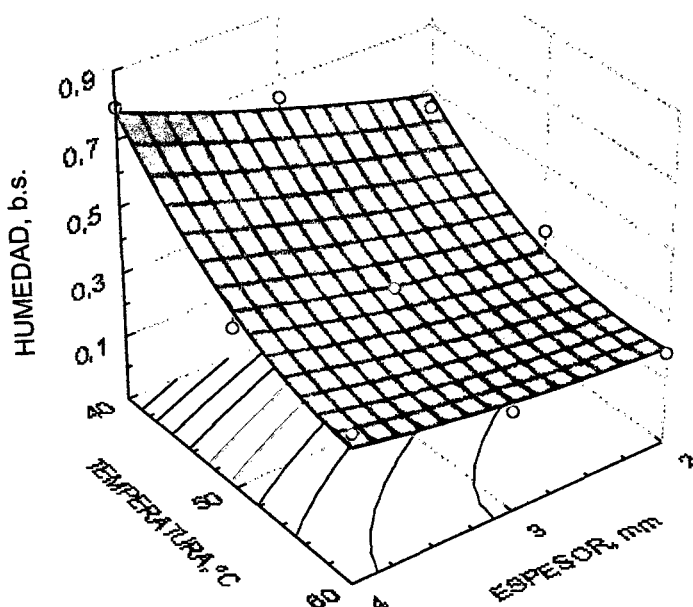


Figura 15: Influencia de la temperatura de secado y el espesor de las hojuelas en la humedad del ajo después de 5 horas de secado.

4.2.3.- Cinética del secado de hojuelas de ajo con dextrina.

En las Figuras 16, 17, 18 y 19 se presentan las curvas de cinética secado del ajo cortado a diferentes espesores (2, 3 y 4 mm) y adicionadas antes de su secado 5 y 10% de dextrina lo cual hace variar notablemente el tiempo de secado.

En la Figura 16 se muestran hojuelas de ajo cortadas a 2 mm de espesor, a estas muestra fueron adicionadas 5% de dextrina del peso total, en ella se puede observar altas velocidades de secado, perdiendo humedad durante las 5 primeras horas, esto posiblemente se debe a la diferencia de concentración de agua entre la dextrina en la superficie y la hojuela, sin embargo en el periodo de velocidad decreciente la dextrina presente en la superficie forma costra que impide la transferencia de la humedad desde el interior de las hojuelas hacia la superficie, por lo que las muestras alcanzan humedades de equilibrio mayores que de las hojuelas secadas en las mismas condiciones sin dextrina.

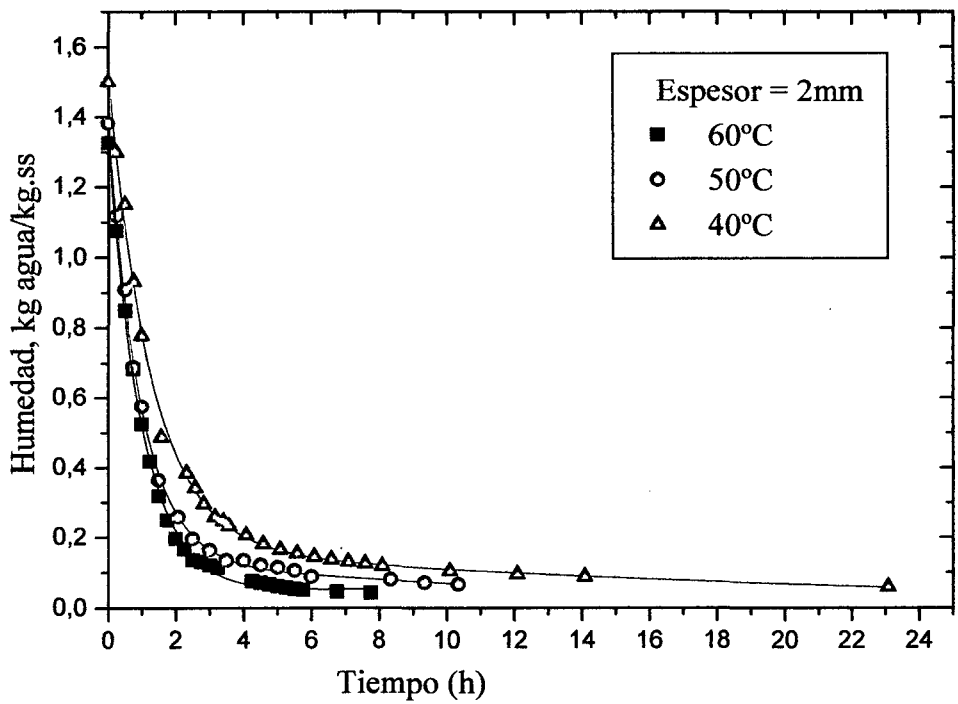


Figura 16: Cinética de secado a 40, 50 y 60 °C con 5% de dextrina y 2 mm de espesor.

En la Figura 17 para hojuelas de 3 mm de espesor secados a diferentes temperaturas (40, 50 y 60°C) con 5% de dextrina se observa similar comportamiento a las hojuelas de 2 mm de espesor, con la diferencia de que las humedades de equilibrio fueron mayores.

En las Figura 18 tenemos la superficie de respuestas para 2, 3, y 4mm de espesor secadas a 40, 50, 60°C de temperaturas constantes con 5% de dextrina, en ella se observa que la humedad disminuyó con el aumento de la temperatura y que el espesor influyo en la humedad a temperaturas mas bajas; comportamiento similar fue observado en hojuelas secadas sin dextrina.

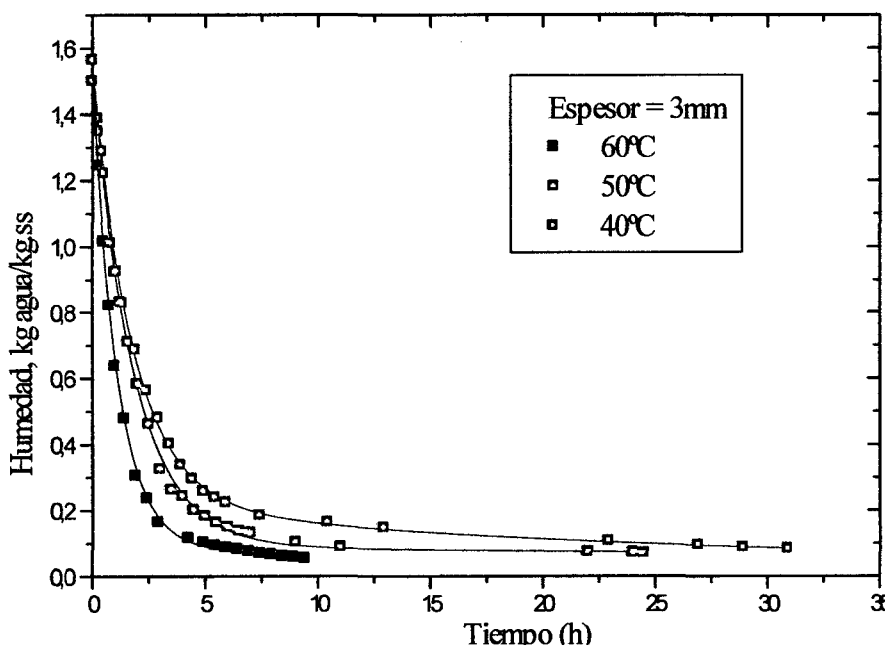


Figura 17: Cinética de secado a 40, 50 y 60 °C con 5% de dextrina y 3 mm de espesor.

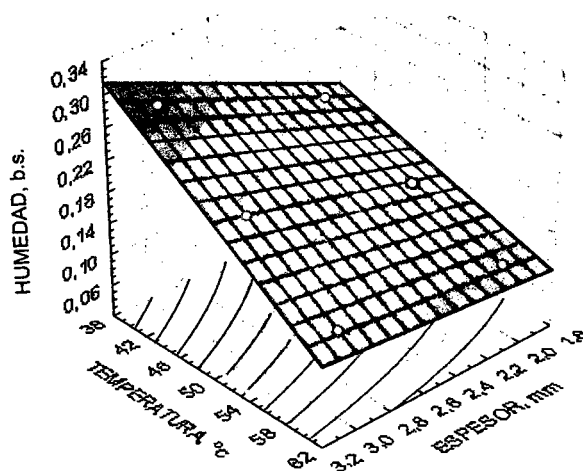


Figura 18: Influencia de la temperatura de secado y el espesor de las hojuelas en la humedad del ajo después de 5 horas de secado con adición de 5% de dextrina.

Las cinéticas de secado de hojuelas con 10 % de dextrina son mostradas en las Figuras 19 y 20 para hojuelas de 2 y 3 mm de espesor. En ellas se puede observar comportamiento similar al de las hojuelas mezcladas con 5 % de dextrina; con la diferencia de que las humedades de equilibrio fueron mayores.

De las cinéticas de secado estudiadas se puede concluir que a mayor cantidad de dextrina adicionada, el tiempo de secado fue mayor. En las primeras horas la dextrina se muestra favorable al secado observándose velocidades de secado superiores, sin embargo entre la 4^{ta} y 5^{ta} hora, tiempo en el que se inicia la estabilización (**Pezzutti A; Crapiste, 1997**), la dextrina se cristaliza y encapsula la humedad restante en el producto, haciendo lenta la pérdida de humedad como se puede observar en la Figuras 16 y 18 (espesor 2 mm y 60°C) que a las 5 horas de secado se alcanzaron humedades de 0,06 y 0,09 kg agua/kg ss en las hojuelas mezcladas con 5% y 10% de dextrina, respectivamente, sin embargo las hojuelas secadas sin dextrina, secadas en las mismas condiciones, alcanzaron una humedad de 0,05 kg agua/kg ss, permitiendo moler el producto con facilidad.

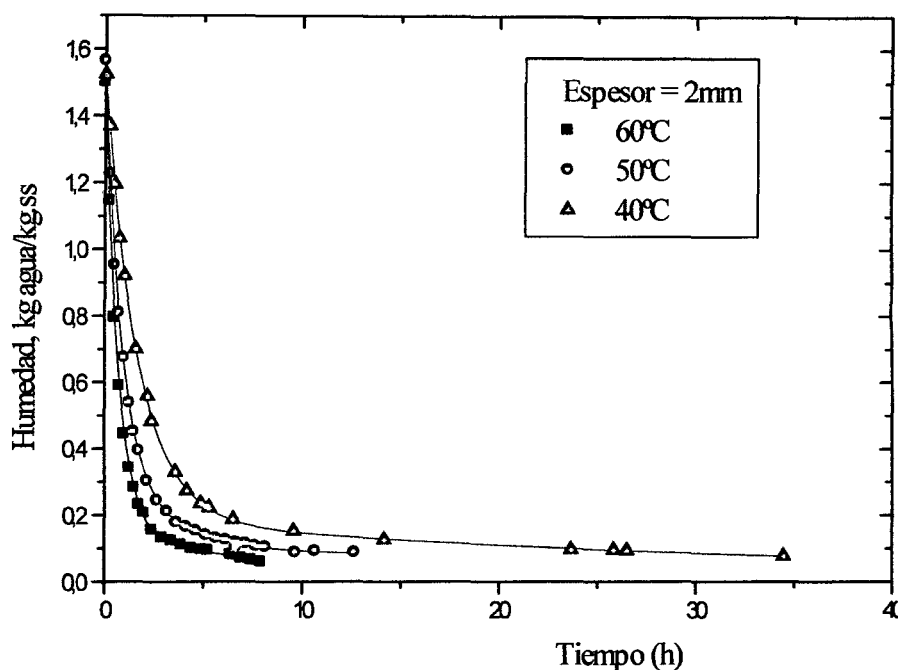


Figura 19: Cinética de secado a 40, 50 y 60 °C con 10% de dextrina y 2 mm de espesor

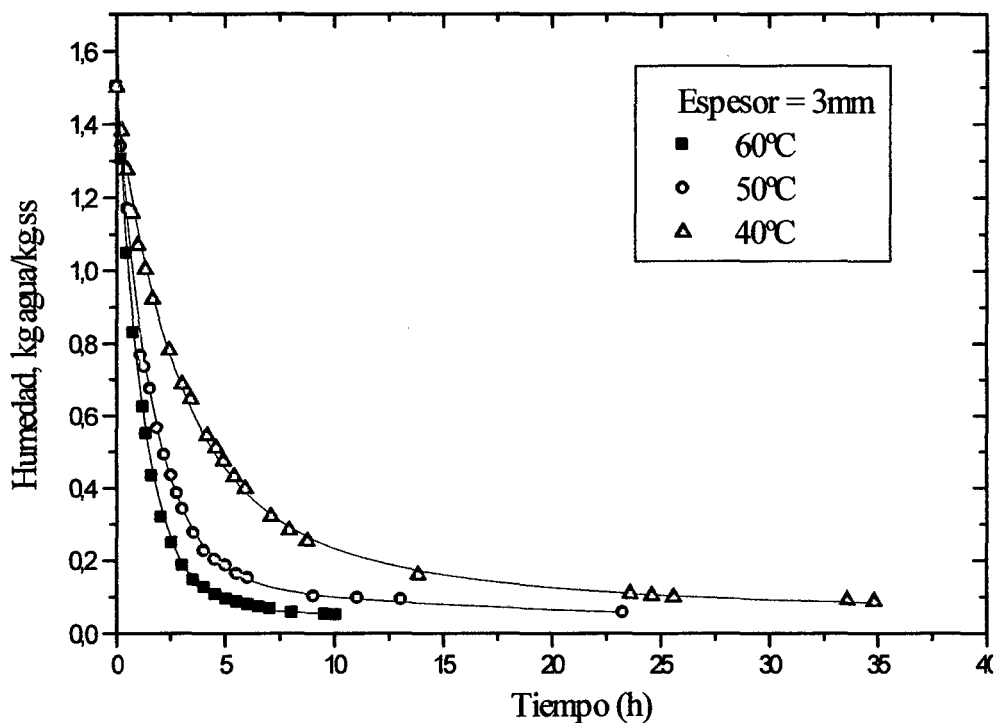


Figura 20: Cinética de secado a 40, 50 y 60 °C con 10% de dextrina y 3 mm de espesor

En la Figura 21, la superficie de respuestas para 2, y 3mm de espesor secadas a 40, 50, 60°C con 10%, se observa que la humedad a las 5 horas de secado, disminuyó con el

aumento de la temperatura y que el espesor influyó en la humedad a temperaturas más bajas; comportamiento similar fue observado en hojuelas secadas sin dextrina.

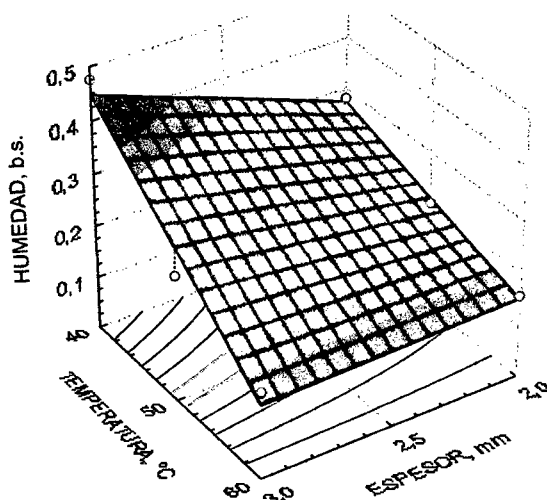


Figura 21: Influencia de la temperatura de secado y el espesor de las hojuelas en la humedad del ajo con 10% de dextrina en 5 horas

Las hojuelas con 5% y 10% de dextrina con 4 mm de espesor y con temperatura de secado de 60 °C, a las 24 horas de proceso alcanzaron una humedad de 0,22 y 0,27 kg agua/kg ss, respectivamente, perdiendo su olor característico (Anexo N°2). Las altas humedades de equilibrio alcanzadas y el demasiado tiempo empleado determinaron que las hojuelas así procesadas no fueran consideradas en la obtención del ajo en polvo.

4.2.4.- Velocidad del secado

En las Figuras N° 22 - 32 se grafican las velocidades de secado versus las humedades libres promedios de las hojuelas con diferentes espesores (2, 3 y 4 mm), con y sin adición de dextrina y secadas a diferentes temperaturas (40 – 50 °C).

4.2.4.1.- Muestras de ajo sin adición de dextrina.

En las Figuras 22 - 24 se muestra la influencia de la temperatura en la velocidad de secado de las hojuelas a diferentes espesores. En ellas también se observa la presencia de periodos de velocidad constante (R_c). y que la velocidad de secado es mayor a 60°C.

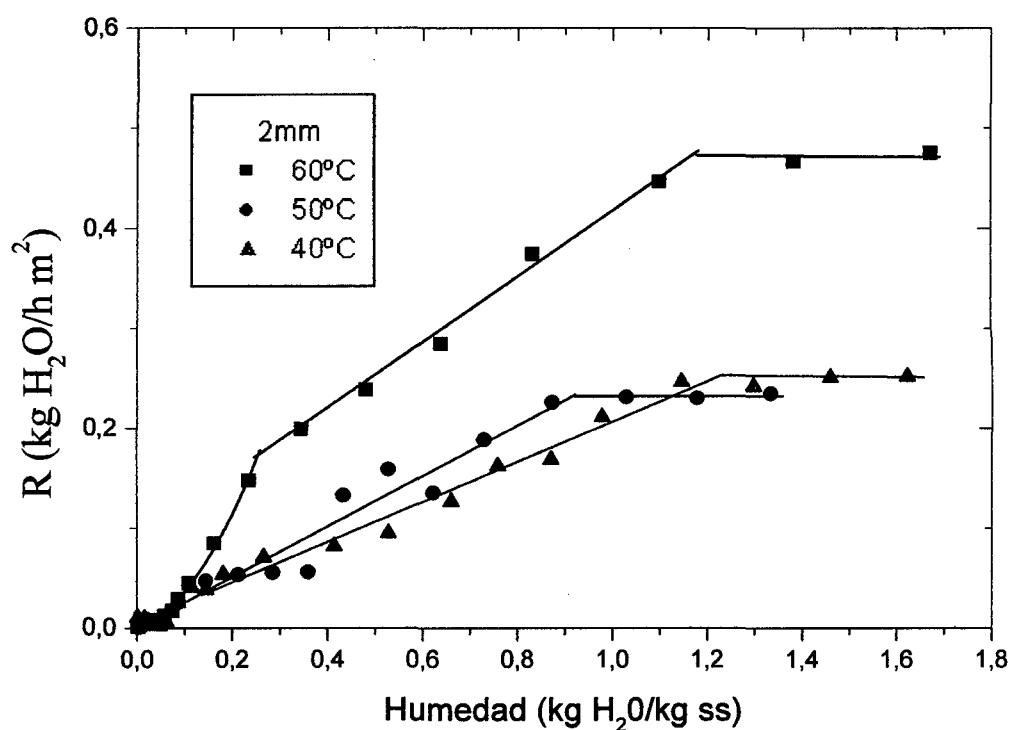


Figura 22: Velocidad de secado (R) a 40, 50 y 60°C en hojuelas de ajo de 2 mm de espesor.

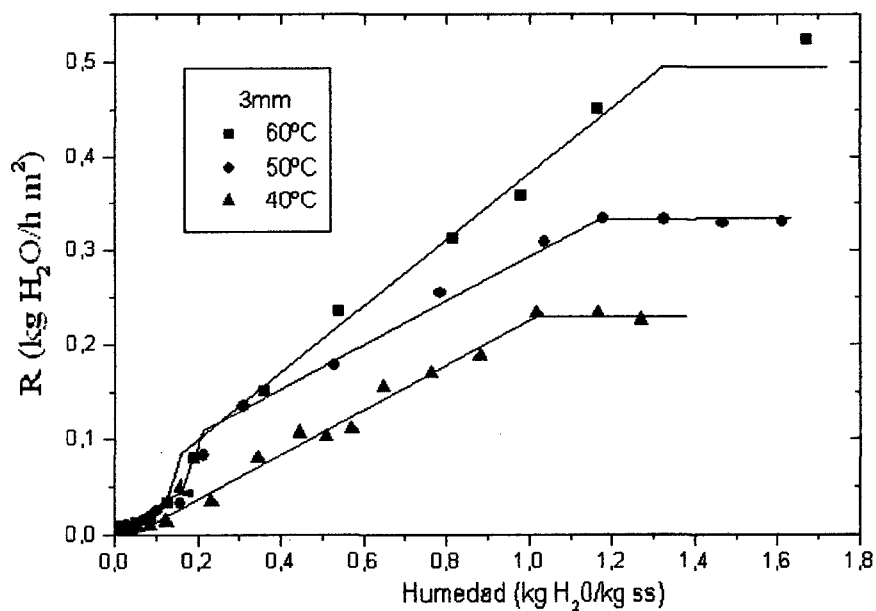


Figura 23: Velocidad de secado (R) a 40, 50 y 60°C en hojuelas de ajo de 3mm de espesor.

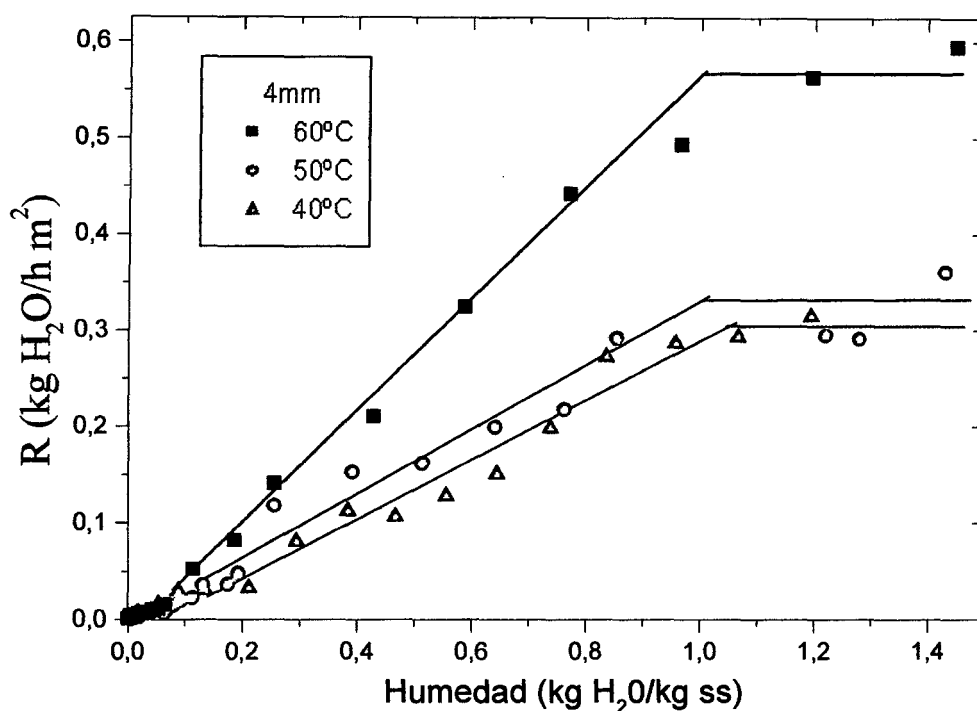


Figura 24: Velocidad de secado (R) a 40, 50 y 60°C en hojuelas de ajo de 4 mm de espesor.

4.2.4.2.- Muestras de ajo con aditivo de 5% de dextrina.

En las Figuras 26 al 29 para 5% y 10% podemos observar la influencia de la temperatura en las velocidades de secado, a mayor temperatura se observa mayor velocidad de secado.

Según ensayos realizados por **Sacilik (2005)** en ajos deshidratados en trozos utilizando temperatura de 40, 50 y 60°C, en los primeros cuarenta minutos se perdió el 40 kg agua/kg ss de humedad, entre los doscientos cuarenta minutos la pérdida era del 25 kg agua/kg ss y entre los cuatrocientos y quinientos minutos perdía únicamente el 1% de humedad.

En la Figura 29 podemos observar que en las primeras horas hay mayor velocidad de secado en la muestra que contiene mayor cantidad de dextrina (10%) y menor velocidad de secado la muestra sin dextrina; sin embargo transcurridas las 5 primeras horas las muestras con 10% de dextrina inician su estabilización, a partir de las cuales, el secado es mas lento debido a que las hojuelas se encapsularon por la dextrina que se cristaliza,

aumentando notablemente el tiempo de secado, siendo mayor que las muestras sin dextrina.

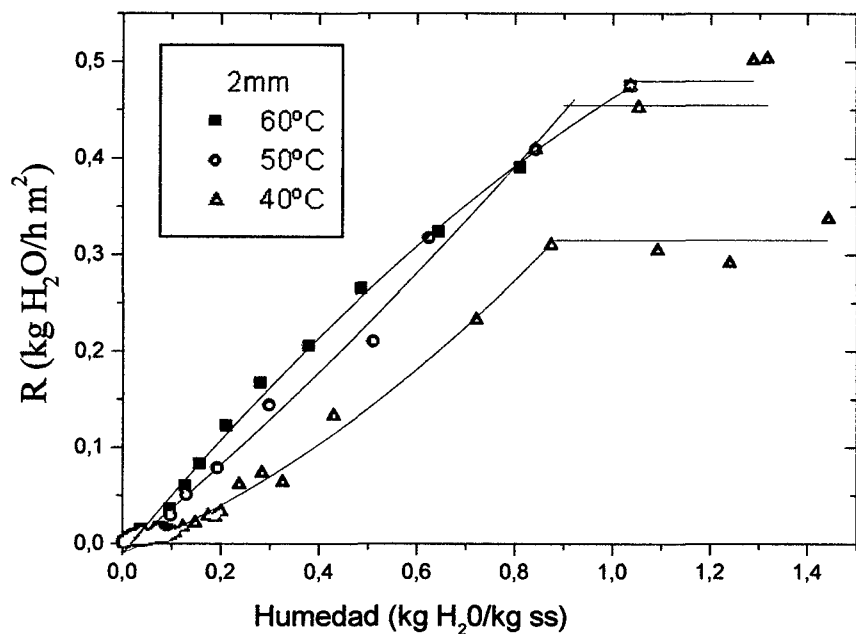


Figura 25: Velocidad de secado (R) a 40, 50 y 60°C con 5% de dextrina en hojuelas de ajo de 2 mm de espesor.

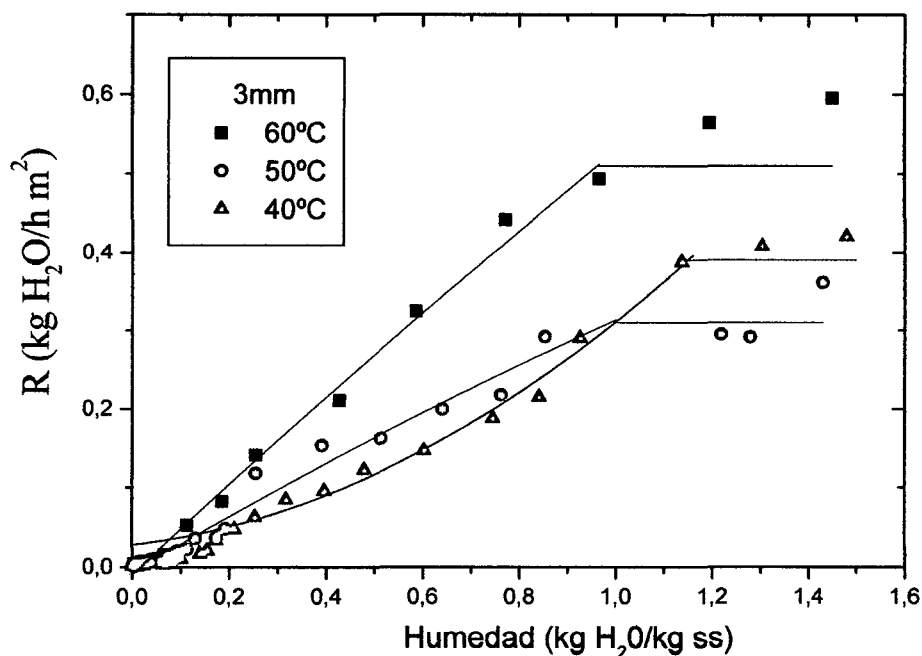


Figura 26: Velocidad de secado (R) a 40, 50 y 60°C con 5% de dextrina en hojuelas de ajo de 3 mm de espesor.

4.2.4.3.- Muestras de ajo con aditivo de 10% de dextrina.

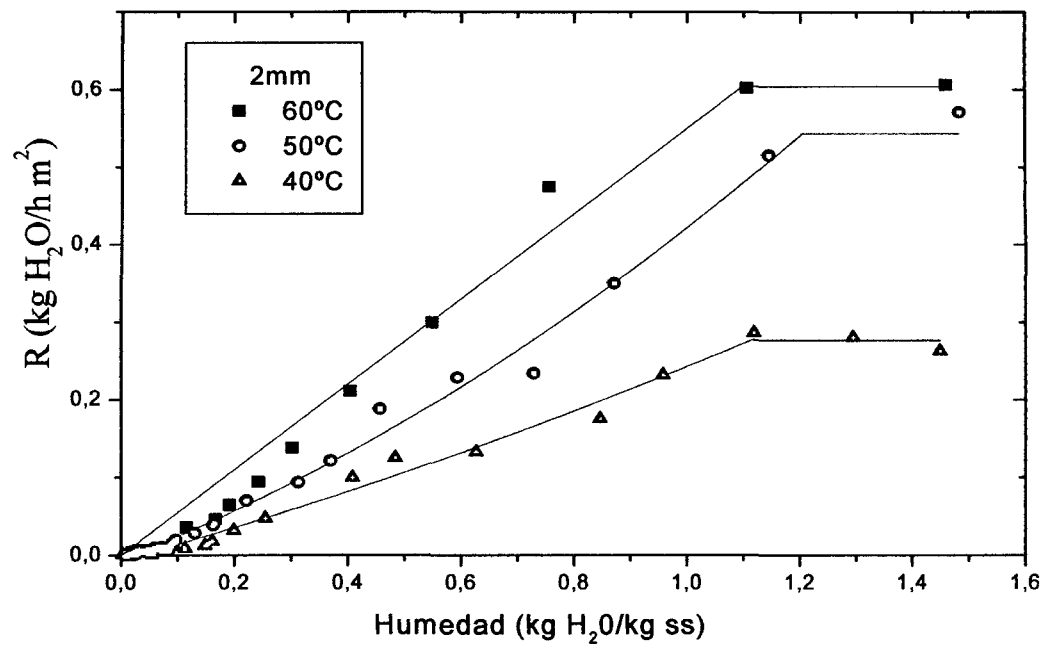


Figura 27: Velocidad de secado (R) a 40, 50 y 60°C con 10% de dextrina en hojuelas de ajo de 2 mm de espesor.

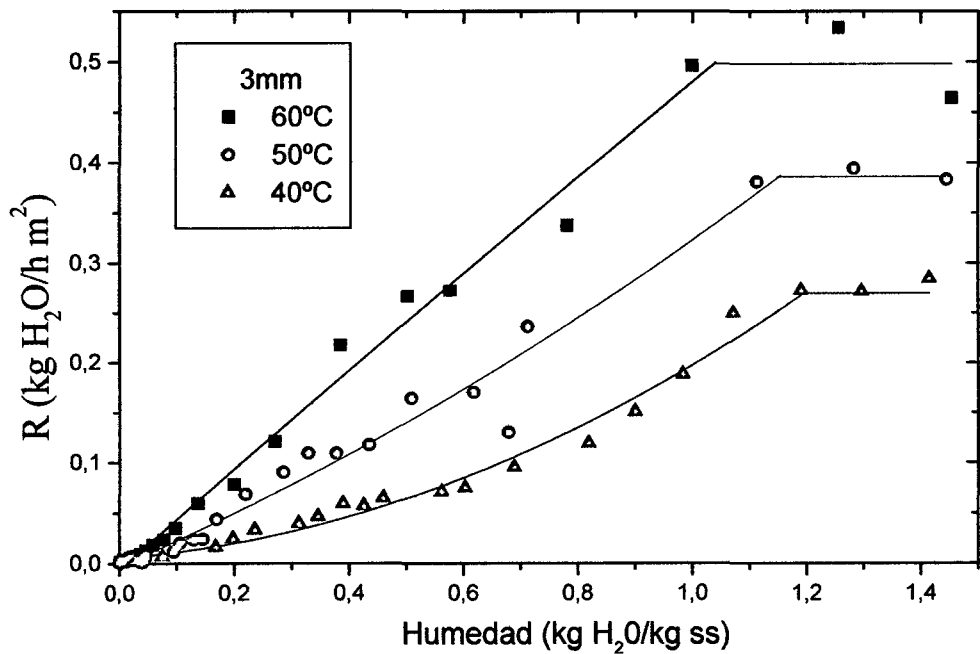


Figura 28: Velocidad de secado (R) a 40, 50 y 60°C con 10% de dextrina en hojuelas de ajo de 3 mm de espesor.

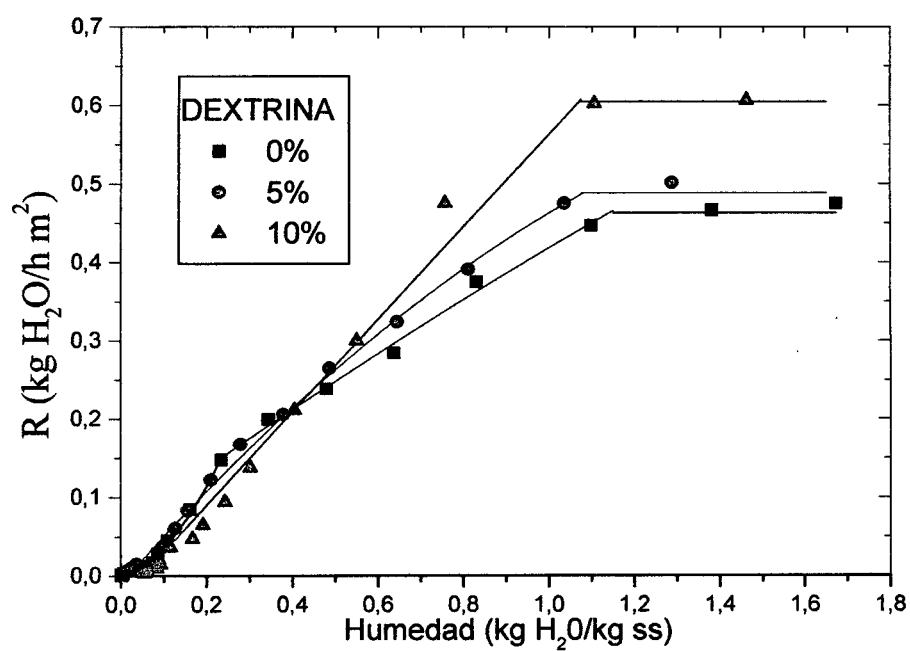


Figura 29: Velocidad de secado a 60°C con 0, 5 y 10% de adición de dextrina, con un espesor de 2 mm.

4.3.- Flujograma final de obtención de ajo en polvo.

Después del análisis de las cinéticas de secado y la evaluación sensorial se estableció el siguiente flujograma final que se muestra la secuencia para la obtención de ajo en polvo.

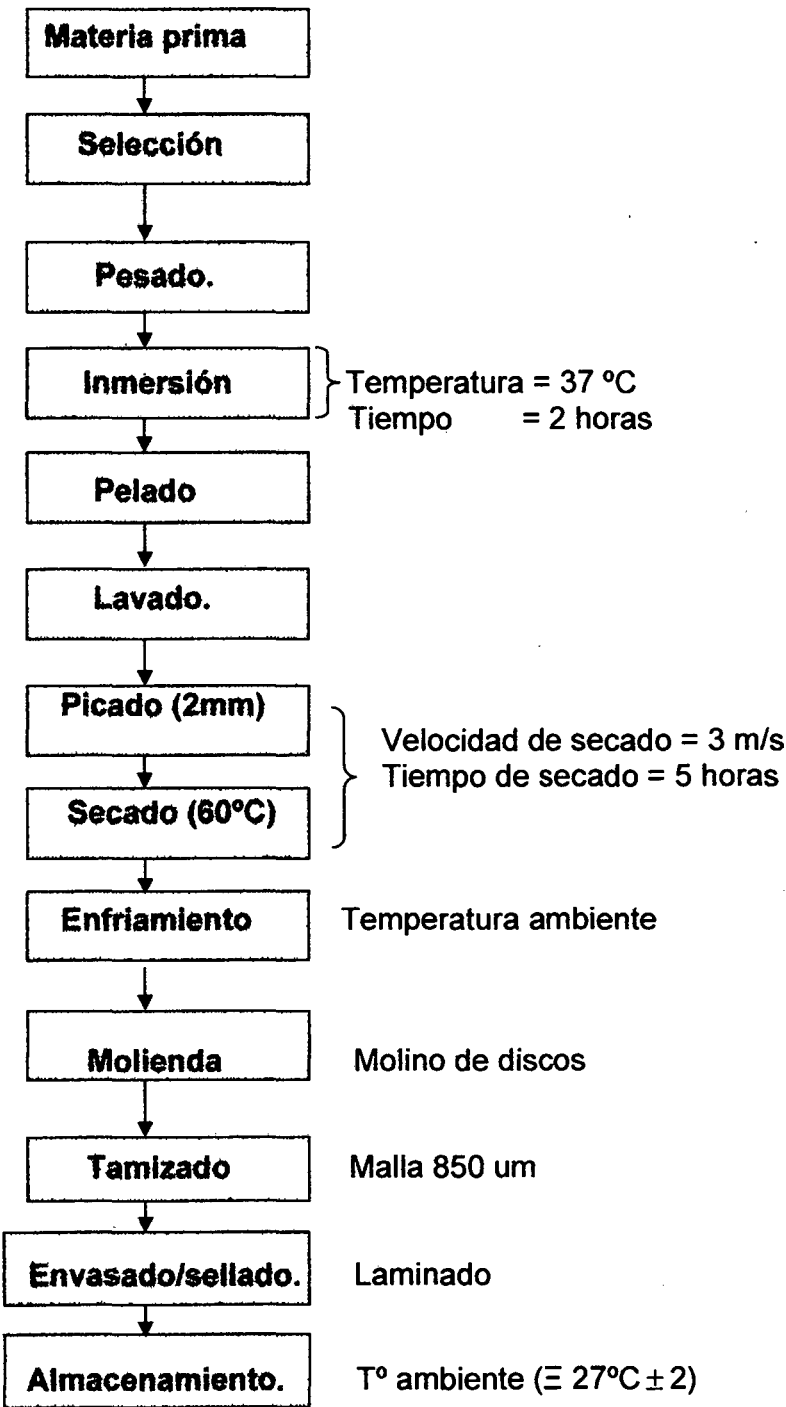


Figura N° 30: Flujograma final para la obtención de ajos (*Allium Sativum* L.) en polvo.

4.3.1 Selección

La selección consistió en separar los bulbos de ajo en mal estado, aquellos que mostraron signos de deterioro físico microbiano (presencia de hongos), así como los de dientes de tamaño pequeño, menores a 2 cm. de largo.

4.3.2 Pesado

Con la finalidad de conocer el rendimiento, la materia prima seleccionada fue pesada en una balanza electrónica de precisión.

4.3.3 Pelado

Para el desprendimiento de la cáscara se utilizó agua tibia a 37 °C por dos horas, de acuerdo a lo sugerido por **Madamba et al. (1996)**.

4.3.4 Lavado.

El lavado se realizó con agua a presión con la finalidad de eliminar materia extraña, posteriormente se dejó orear por un lapso de 10 minutos, a fin de que se evapore el agua superficial.

4.3.5 Picado.

Operación que se llevó a cabo utilizando un picador doméstico manual de plástico con cuchilla de acero inoxidable, graduando para hojuelas de 2 mm. de espesor.

4.3.6. Secado.

Las hojuelas de ajo de 2 mm de espesor fueron colocados en una malla de 0.09618 m² siendo el tamaño muestral respectivo de 250 gr, se deshidrataron con aire caliente a 60° C, con una velocidad de aire constante de 3 m/s. Durante el proceso de secado se controló la pérdida de peso a través de una balanza de precisión por intervalos de tiempos crecientes llegando a la humedad de equilibrio en 5.

4.3.7 Enfriado.

Una vez alcanzado el peso constante o el tiempo límite de secado (5 h), la muestra fue retirada y colocada en frascos de vidrio para su enfriamiento para luego proceder a la molienda, tamizado, empaquetado y sellado (**Madamba et al., 1996**).

4.3.8 Molienda.

Con la finalidad de reducir el tamaño de las hojuelas de ajo deshidratadas, se sometieron las muestras correspondientes a cada tratamiento a una molienda grosera, utilizando un molino manual y luego se realizó un análisis granulométrico para determinar el tamaño de partículas (Geankoplis, 1998).

4.3.9 Tamizado.

A fin de obtener el ajo deshidratado en la presentación definida como ajo en polvo, se tamizó la muestra utilizando la malla ASTM número 40, consiguiéndose un rango en el tamaño de partícula característico de esta presentación (Charley, 1987).

4.3.10 Envasado/sellado.

Las muestras de ajos en polvo (Garlic powder) se envasaron en sobres bilaminados con unidades experimentales de tres gramos (3gr).

4.3.11 Almacenado.

El producto debidamente envasado y rotulado se almacenó a temperatura ambiente.

4.4.6.- Difusividad.

Los valores de difusividad calculadas mediante ajuste de la ecuación de Fick (Ecuación 06) para placa plana a los datos experimentales se muestran en el cuadro N° 17. En el mencionado cuadro se reporta altos coeficientes de correlación (R) indicando un buen grado de ajuste. Las curvas experimentales de cinética de secado de hojuelas de ajo con espesor de 2 mm, secadas a diferentes temperaturas y las curvas simuladas empleando el modelo de Fick mostradas en las Figuras 31-33 corroboran lo reportado en el cuadro N° 17 en relación al grado de ajuste.

En el cuadro N° 17 se observa la influencia de la temperatura sobre la difusividad del agua durante el proceso de deshidratación por flujo de aire caliente, la difusividad aumenta desde un valor de $1,28 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ para 40°C , hasta un valor de $2.29 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ cuando el proceso se realiza a 60°C . Siendo estos valores similares a los reportados por Labuza *et al.* (1985) para hortalizas deshidratadas.

Cuadro N° 17. Valores de difusividad calculados por la ecuación de Fick para placa plana.

Temperatura (°C)	Espesor (mm)	Difusividad x10 ⁻⁹ (m ² /s)	Coefficiente de correlación (R)
40	2	1.2767	0.9846
50	2	1.9910	0.9841
60	2	2.2877	0.9824

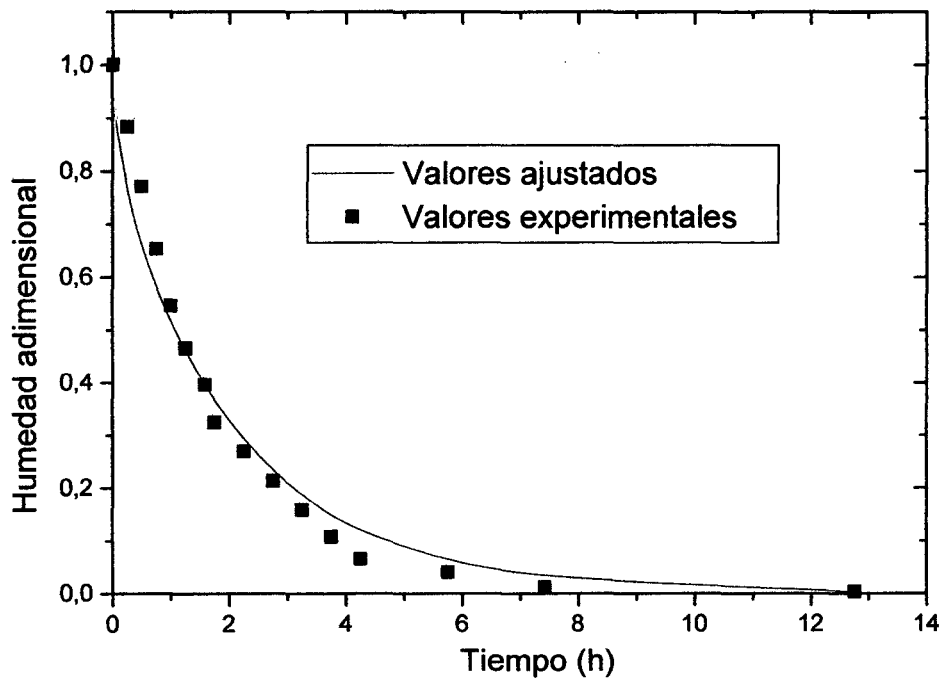


Figura 31: Cinética de secado a 40°C y 2 mm de espesor, curva continua obtenida utilizando la ecuación de Fick.

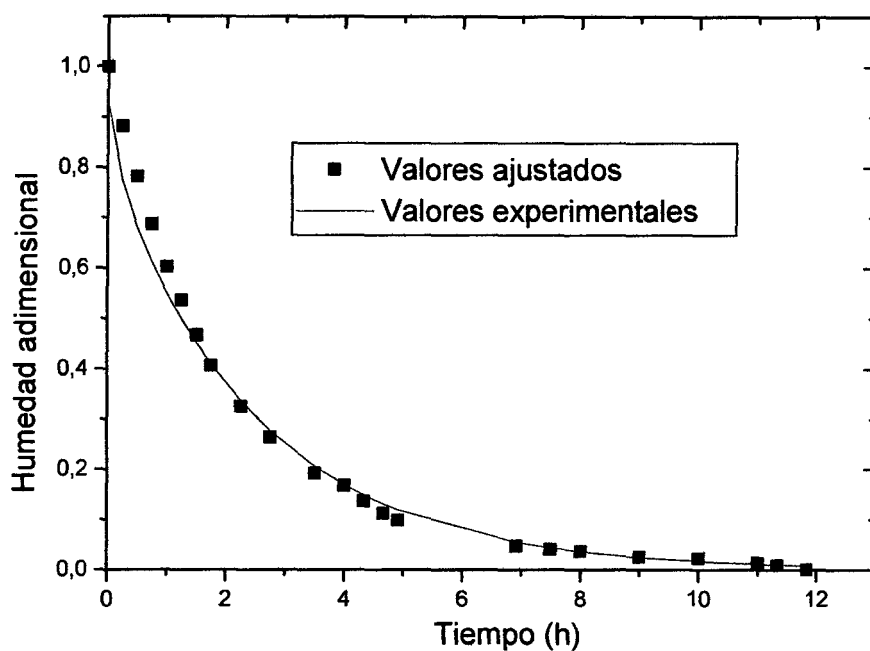


Figura 32: Cinética de secado a 50°C y 2 mm de espesor, curva continua obtenida utilizando la ecuación de Fick.

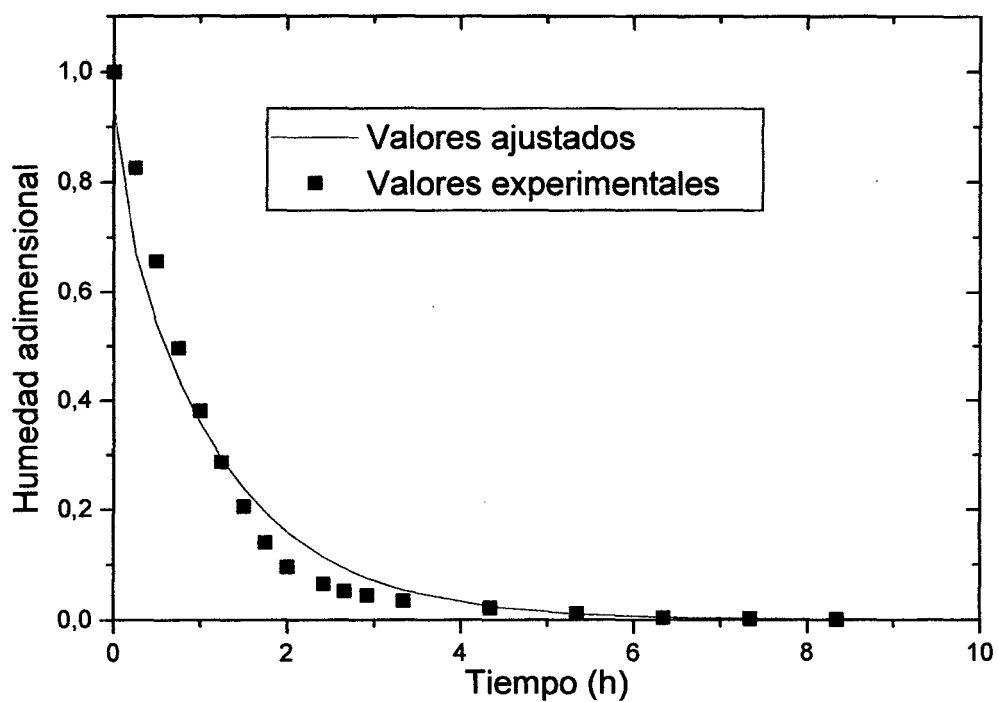


Figura 33: Cinética de secado a 60°C y 2 mm de espesor, curva continua obtenida utilizando la ecuación de Fick.

4.5.- Características físico – químicas del ajo en polvo.

➤ Características físicas

4.5.1.- Análisis granulométrico

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en el cuadro 18 y en la figura 34.

CUADRO N° 18: Resultados obtenidos del análisis granulométrico de ajo en polvo.

N° de tamiz	Abertura de tamiz (µm)	Cantidad retenida (g)	% retenido	Cantidad acumulada (g)	% acumulado
20	850	1.4	7	48.60	97.2
40	425	9.53	19.06	39.07	78.14
80	180	13.6	27.20	26.01	52.02
100	150	16.4	34.80	9.61	19.22
200	75	8.57	16.14	1.04	2.08

Del cuadro N° 18 podemos tener una idea de la finura del ajo en polvo, ya que el 52.02% pasa por un tamiz de 180 (µm) micrones, esto concuerda con **Charley (1987)**, quien indica que las partículas de la harina deben ser lo suficientemente pequeñas de tal forma que el 98% pase a través de una malla de 210 micrones. Para visualizar mejor estos resultados se graficaron los porcentajes retenidos de la muestra versus el tamaño de abertura de la malla (Figura 34) en donde se puede observar que el porcentaje retenido aumenta a mayor tamaño de abertura de la malla.

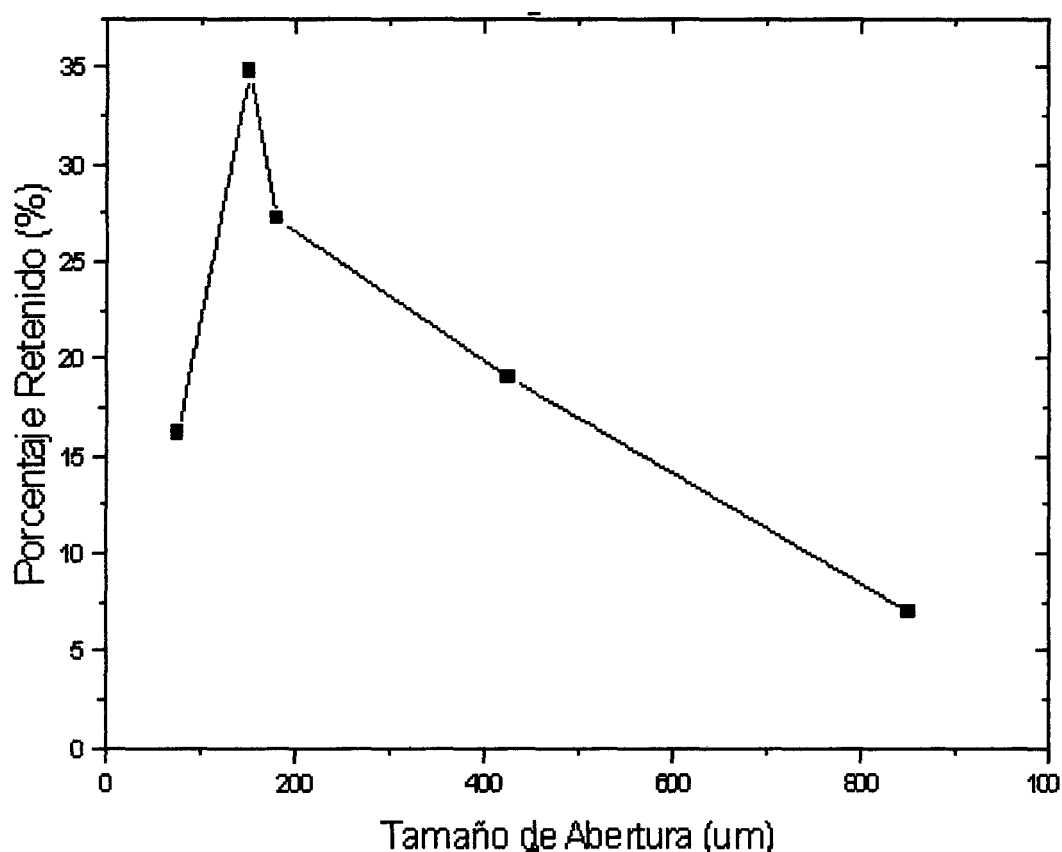


Figura 34: Porcentaje retenido del ajo en polvo en función al tamaño de abertura del tamiz.

4.5.2.- Rendimiento.- EL rendimiento obtenido se muestra en el cuadro 19, donde podemos observar que la mayor pérdida de peso es durante el proceso de deshidratado (57.5%) debido al mayor contenido de humedad, sin embargo este rendimiento puede variar de acuerdo a la calidad del ajo con el que se trabaje, el 33% representa una porcentaje rentable en la industrialización de este producto de acuerdo a lo reportado por Haciseferogullari et al. (2004) en propiedades tecnológicas y nutricionales del ajo.

Cuadro N° 19: Rendimiento (en peso) final del producto.

- Materia prima recepcionada	:	1.000grs	(100%)
- Pérdida en la selección de los Granos de ajo	:	30	(3%)
- Pérdida de cubierta exterior del bulbo	:	50	(5%)
- Pérdida de materia prima durante el rebanado	:	5	(0.5%)
- Pérdida de agua durante el secado ÿ	:	575	(57.5%)
- Pérdida durante la molienda	:	10	(1%)
Rendimiento Neto		330 grs	33%

4.5.3.- Rehidratación.

En las figuras 35 y 36 se observa que el ajo en polvo gana humedad con el tiempo hasta alcanzar el equilibrio el 11^{er} día después del cual la humedad permaneció constante (cuadro 20, 21 y Figura 35, 36); resultado similar fue reportado por **Haciseferogullari et al. (2004)** en el estudio de las propiedades tecnológicas y nutricionales del ajo.

Cuadro N° 20: Ganancia de peso y humedad respecto al tiempo sin dextrina

Tiempo (días)	Peso (gr.)	Humedad
0	2,0939	15,3625246
4	2,9564	23,102425
11	3,6842	28,7897288
16	3,9408	30,794898
18	4,152	32,4452945
24	4,2649	33,3275377

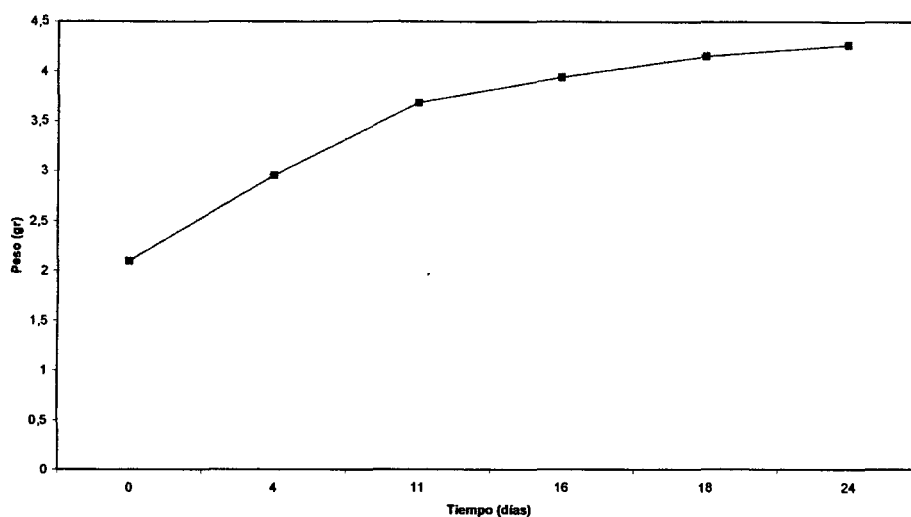


Figura 35: Curva de rehidratación ajo en polvo sin dextrina.

Cuadro N° 21 Ganancia de peso y humedad respecto al tiempo con 5% de dextrina

Tiempo (días)	Peso (gr.)	Humedad
0	2,2573	16,6393939
4	3,1723	24,7895491
11	3,8935	30,425278
16	4,1784	32,6515941
18	4,3223	33,776083
24	4,7502	37,119855

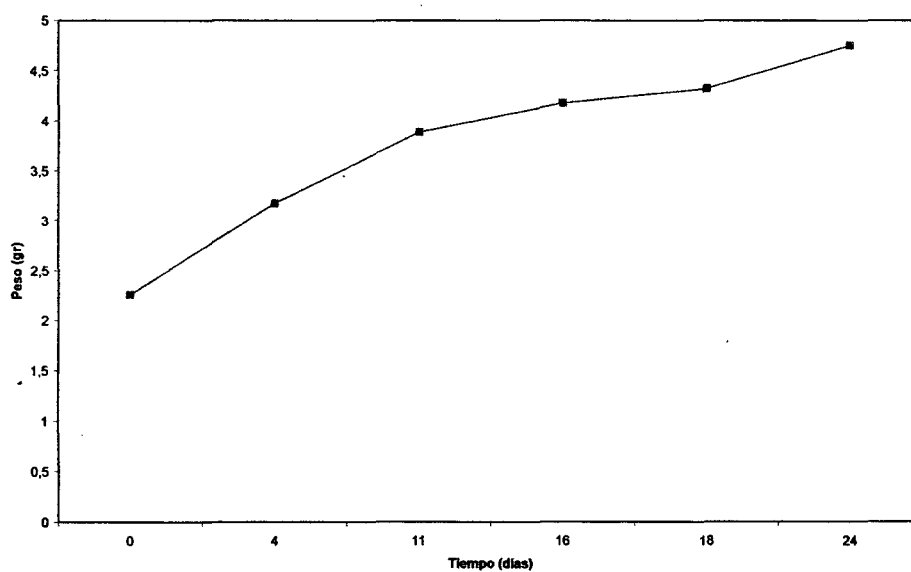


Figura 36: Curva de rehidratación de ajo en polvo con 5% de dextrina.

4.5.4 Características químicas del ajo en polvo.

En el cuadro N° 22, se presentan los resultados de la composición química del producto terminado. En el mismo se aprecia un alto contenido en carbohidratos, el cual es característico en los vegetales deshidratados, **Brennan (1970)**. En comparación con el producto fresco se observa una disminución de la humedad inicial de 61.65% a 4.7% en el ajo deshidratado; consecuentemente, se tienen mayores porcentajes en los componentes con respecto al producto fresco.

Finalmente el ajo deshidratado en polvo, cumple con las características químicas exigidas por la Norma Técnica Francesa NF – V26 – 005, la misma que se presenta en el anexo N° 05.

Cuadro N° 22: Composición química del ajo Valenciano Rosado.

(Composición en 100 g. de muestra de Ajo (*Allium sativum*).)

Componentes	Muestra en polvo (%)
Humedad	4.7
Proteína total	16.69
Carbohidratos	73.94
Grasa	0.69
Cenizas	3.42
Fibra	0.56
Sólidos totales.	95.3

- **pH.-** El valor obtenido de pH para el ajo en polvo de 6,48 el cual fue similar al valor reportado por **Bewster, 1994** y **Haciseferogullari et al. 2004**. Se analizó el pH de todas las muestras sin embargo se considero el promedio del mejor tratamiento de secado obtenido de los diversos análisis, que fue de 60°C y 2mm de espesor.

4.6. Evaluación sensorial

4.6.1 Valores de humedad, pH y promedios de olor y sabor durante los tres meses de almacenado.

En los cuadros 23 y 24 se observa la variación de la humedad en las muestras de ajo en polvo sin dextrina y con 5% de dextrina en empaque de polietileno de alta densidad y laminado, determinando el mayor incremento de humedad en el polietileno debido a que estas presenta mayor permeabilidad al Vapor de agua (0.3 – 0.5), perdiendo calidad. Según Salunke (2003) el ajo en polvo que pasa el 7% de humedad ya no sirve, sin mbargo el empaque laminado mantiene la humedad por tener menor permeabilidad (<0.1) al vapor de agua y al oxigeno conservando mejor sus características organolépticas en comparación con los empaque de polietileno (Fennema, 1975) que presentan mayor permeabilidad (0.3 – 0.5).

Cuadro N°: 23 Muestra de ajo sin dextrina.

ANALISIS	0 días	15 días		30 días		45 días		60 días		75 días		90 días	
	AB	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Humedad	0.047	0.047	0.048	0.047	0.052	0.048	0.063	0.050	0.074	0.052	0.078	0.05	0.09
pH	6.48	6.31	6.30	6.26	6.25	6.24	6.23	6.19	6.18	6.15	6.25	6.16	6.36
Olor ⁽¹⁾	1.75	-	-	1.4	1.4	-	-	1.9	1.0	-	-	1.55	0.5
Sabor ⁽¹⁾	1.60	-	-	1.8	1.2	-	-	2.0	0.95	-	-	1.60	0.6

Cuadro N°: 24 Muestra de ajo con 5% de dextrina.

ANALISIS	0 días	15 días		30 días		45 días		60 días		75 días		90 días	
	AB	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Humedad	0.055	0.07	0.081	0.074	0.095	0.08	0.105	0.85	0.112	0.88	0.118	0.9	0.124
pH	6.44	6.36	6.35	6.33	6.32	6.32	6.30	6.29	6.28	6.25	6.27	6.24	6.26
Olor	19	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Sabor	19	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Leyenda:

A: laminado.

B: Polietileno de alta densidad.

AB: Muestra del día cero (sin envasar)

Humedad en b.s (Kg Ha / Kg s.s)

pH.

(1) promedio del puntaje obtenido mediante evaluación sensorial de ajo en polvo, para los atributos de olor y sabor, evaluado por 20 panelistas.

* Las mejores características presentó la muestra de ajo en polvo sin dextrina por lo tanto se descartó la muestra con 5% de dextrina

En los cuadros observamos que el pH no es influido por el contenido de humedad por lo tanto se mantiene constante.

Evaluación sensorial para la elección de la mejor temperatura de secado.

La evaluación sensorial se realizó con la finalidad de seleccionar el mejor tratamiento de secado para obtener el ajo en polvo, las muestras evaluadas fueron de 60°C y 50°C a espesor constante de dos milímetros, de la cual se observa que es mas aceptable en sus características organolépticas la muestra secada a 60°C (resultados de ANVA con un nivel de significancia de 5%), esto se debe que a 60°C la muestra seca en menor tiempo que la muestra a 50°C , de esta manera conserva mejor su olor y sabor, similar a lo reportado por (Salicik, 2005).

En el anexo N° 03 se realiza la evaluación sensorial para muestras sin dextrina y con 5% de dextrina de los cuadros ANVA (cuadro 25 y 26) y la prueba de tukey se puede observar que es significativa la muestra secada sin dextrina en comparación a la muestra con 5% de dextrina, la cual por ser un almidón sin sabor disminuye la concentración del sabor y olor del ajo siendo menor en relación a la muestra pura.

CUADRO N° 25: ANVA para los datos del olor del ajo secados a 50 y 60°C.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	14.5	0.8		
Tratamientos	1	9	9	5.88*	4.38
Error experimental	19	29	1.53		
Total	39				

CUADRO N° 26: ANVA PARA los datos del sabor del ajo secados a 50 y 60°C.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	16	0.8		
Tratamientos	1	8	8	4.34*	2.99
Error experimental	19	35	1.84		
Total	39				

Evaluación sensorial con un mes de almacenamiento

En los cuadros 27, 28 y el anexo N° 01 se observa que los Análisis de Varianza no presentan diferencia significativa de acuerdo a la evaluación de sus características organolépticas después de un mes de almacenamiento en empaque laminado y polietileno de alta densidad, por lo tanto se considera aceptables durante el primer mes.

CUADRO N° 27: ANVA para los datos del olor del ajo en polvo con un mes de almacenamiento.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft _α = 0.5
Jueces	19	8.98	0.47	1.12	
Tratamientos	2	0.83	0.415	0.68	3.23
Error experimental	38	23.17	0.61		
Total	59				

CUADRO N° 28: ANVA para los datos del sabor del ajo en polvo con un mes de almacenamiento.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft _α = 0.5
Jueces	19	14.33	0.75		
Tratamientos	2	3.6	1.8	2.81	3.23
Error experimental	38	24.27	0.64		
Total	59				

Evaluación sensorial con dos meses de almacenamiento

Los cuadros 29, 30 y el anexo N° 01 los Análisis de Varianza y prueba de Tukey demuestran diferencia significativa en la evaluación de sus características organolépticas, al realizar la prueba de Tukey tanto para el olor como para el sabor se puede determinar que el mejor tratamiento es el ajo en polvo envasado en bolsas laminadas, debido a que estas presenta menor permeabilidad (<0.1) al vapor de agua y al oxígeno conservando mejor sus características organolépticas en comparación con los empaque de polietileno (Fennema, 1975), que presentan mayor permeabilidad (0.3 – 0.5).

CUADRO N° 29: ANVA para los datos del olor del ajo en polvo con dos meses de almacenamiento.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	11	0.6		
Tratamientos	1	8.20	8.20	4.91*	4.38
Error experimental	19	31.8	1.67		
Total	39				

CUADRO N° 30: ANVA para los datos del sabor del ajo en polvo con dos meses de almacenamiento.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	12.5	0.7		
Tratamientos	1	11.5	11.5	8.58*	4.38
Error experimental	19	25.5	1.34		
Total	39				

Evaluación sensorial de muestras con tres meses de almacenamiento.

De los cuadros 31, 32 y anexo N° 01 en el ANVA y prueba de Tukey se determina que hay diferencia significativa entre las muestras almacenadas en empaque de polietileno de alta densidad y empaque laminados, siendo los mas aceptables los empaques laminados por conservar mejor la humedad del producto alcanzando un valor de 5.5% de humedad que es aceptable en comparación con los 9.5% de humedad alcanzado por el polietileno de alta densidad, lo cual ya se encuentra fuera de los límites aceptables son de mínimo 3% - máximo 7% de humedad para el ajo en polvo (SALUNKHE, 2003) y (RITO, 2002).

CUADRO N° 31: ANVA para los datos del olor del ajo en polvo con tres meses de almacenamiento.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	15.5	0.8		
Tratamientos	1	11.05	11.05	6.58*	4.38
Error experimental	19	31.95	1.68		
Total	39				

CUADRO N° 32: ANVA para los datos del sabor del ajo en polvo con tres meses de almacenamiento.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	15.6	0.8		
Tratamientos	1	10.0	10.0	6.0*	4.38
Error experimental	19	31.60	1.66		
Total	39				

4.7. Isotermas de adsorción

La Isoterma de adsorción a temperatura ambiente para los ajos deshidratados en polvo obtenidos por aire caliente a 60°C con 2 mm de espesor (Cuadro N° 33 y en las figuras 37 y 38) se encuentra en los parámetros a las ecuaciones de BET, GAB Y OSWIN observándose el mayor de ajuste en la ecuación de GAB notándose claramente la forma sigmoidea típica de los vegetales deshidratados (Cheftel, 1983).

Dicha Isoterma denota dos pendientes, una a intervalo de baja actividad de agua (0.0 – 0.25) y la otra a partir de 0.75 de actividad de agua.

En el intervalo de baja humedad, la curva es cóncava respecto al eje de humedad relativa (a_w) y se considera que, a medida que aumenta la actividad de agua, se van acumulando moléculas de agua para que creen el estado de capa monomolecular cuando la actividad de agua queda situada en algún punto dentro del intervalo de 0.15 a 0.25 de A_w .

En espacios con poca pendiente (0.25 a 0.75) casi rectilínea de la curva, a medida que aumenta el contenido de humedad pueden formarse, encima de la capa monomolecular, otras capas de moléculas de agua más flojamente ligadas.

En la parte final de la curva de isoterma (por encima de 0.75 de A_w), en la que el contenido de humedad sube más verticalmente, probablemente representa una región en la que esta presenta una suficiente para que disperse a los constitutivos coloidales y para que finalmente llene los espacios capilares entre partículas cuando se llega a alcanzar niveles muy altos de humedad relativa de equilibrio (Jamieson *et al.*, 1974).

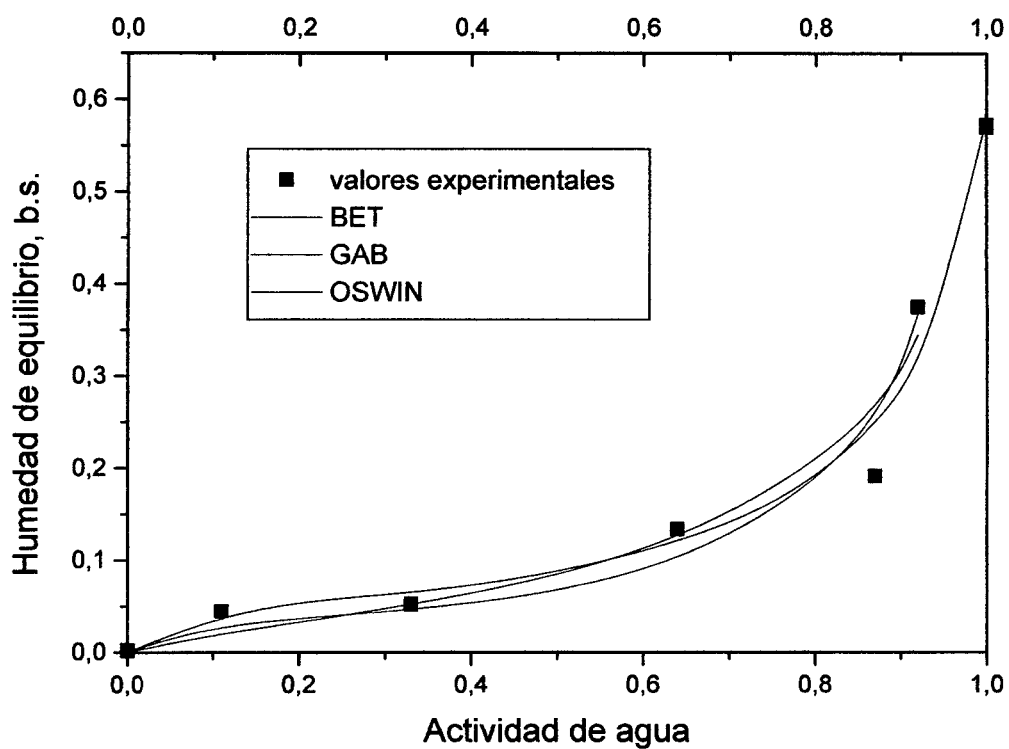


Figura 37: Isotermas de adsorción de ajo en polvo sin dextrina.

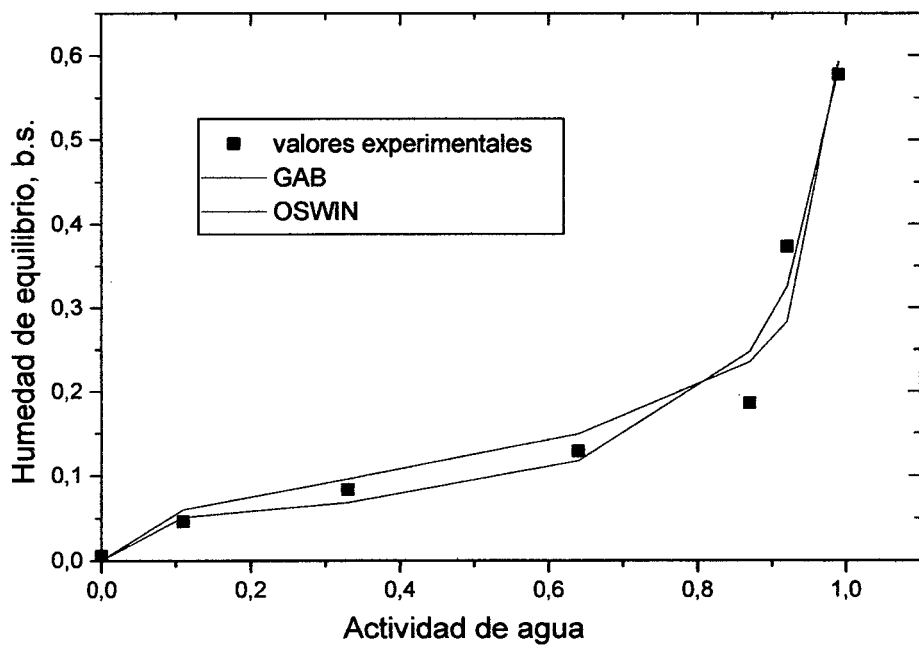


Figura 38: Isotermas de adsorción de ajo en polvo con 5% de dextrina.

En el cuadro N° 33 se encuentra los parámetros a las ecuaciones de BET, GAB Y OSWIN observándose el mayor ajuste (97%) en la ecuación de GAB, y con 0,0479 de monocapa, representando la cantidad mínima de humedad que se puede eliminar de los ajos secados a 60 °C, 2 mm de espesor, 3 m/s de velocidad de aire y 5 horas desecado.

Cuadro N° 33: Valores de las isotermas de adsorción.

Parámetros	BET	GAB	OSWIN
M	0.0063	0.0479	
C	-4.4757	180.24	
K		0.9270	
A			0.1224
N			0.3433
R ²	0.4945	0.9742	0.9542

4.8 Análisis microbiológicos

Los resultados del análisis microbiológico se muestran en el cuadro N° 34.

El análisis microbiológico realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de San Martín, consistió básicamente en pruebas para determinar bacterias mesófilas aeróbias, hongos y levaduras; que son microorganismos indicadores de procesamiento y conservación inadecuada. Del cuadro 34 podemos notar que las muestras analizadas, cumplen con los requisitos de calidad indicado por el Ministerio de Salud (R.M N° 615 – 2003), para este tipo de producto, con lo cual se demuestra que el grado de asepsia seguida durante el proceso fueron adecuadas.

Cuadro N° 34: Análisis microbiológico de ajo en polvo

Determinaciones	Laminado Ufc/g.	Polietileno Ufc/g.	Permisible Ufc/g.
Cuenta total bacterias mesofilas aerobias.	2x10 ⁴	1.4x10 ⁴	10 ^{5*}
Mohos y Levaduras.	1x10 ²	2z10 ²	10 ^{3*}

***Fuente:** Resolución ministerial N° 615 – 2003 – SA/DM 2003.- (28/06/2003)

Método: Recuento en placa

V. CONCLUSIONES

Según el trabajo realizado con el ajo “Valenciano Rosado” bajo las condiciones de estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Características físico químicas del ajo fresco: humedad 61.6%, proteínas 4.96% y sólidos totales 38.4% por lo tanto se determina que el Ajo valenciano Rosado cumple con las condiciones necesarias para su Industrialización.
2. Los ajos no requieren de escaldado, tampoco necesitan estabilización previo al proceso de deshidratado, por que inhiben el sistema enzimático de la formación del olor y sabor.
3. El pelado de los ajos se facilita previa inmersión al agua a 37°C por 2 horas.
4. Los valores de las variables de proceso con mejores resultados fueron: T = 60°C, Espesor = 2 mm, sin de dextrina.
5. El rendimiento del producto final del ajo fue de 33%.
6. La composición química del ajo en polvo cumplió con los valores dados en la Norma Técnica Francesa NF V – 26 – 005: humedad, 5%; Ceniza, 3.42% y sólidos totales, 95,3%.
7. Después de tres meses de almacenamiento, las muestras empacadas con polietileno de alta densidad, la humedad final fue de 9,5 % y de 5,5 para las muestras empacadas con material laminado, compactándose la muestra en polietileno de alta densidad.
8. Las muestras que conservaron mejor las características sensoriales del ajo, durante tres meses, fue en el empaque laminado.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de cómo influye las diferentes temperaturas sobre el olor y sabor del ajo en polvo.
2. Realizar estudios sobre almacenaje del ajo en polvo utilizando empaques diferentes a los utilizados en este trabajo de investigación.
3. Realizar un estudio de prefactibilidad para analizar la rentabilidad de esta tecnología y su comercialización.
4. Realizar investigaciones sobre el empleo de aditivos para impedir la pérdida de olor durante el secado de ajo.

VII.-BIBLIOGRAFÍA

1. **A. O. A .C. (1990).** "Official Method of Analysis of the Association of official Analytical Chemist". Arlington, VA, USA.
2. **Alvistur. Raul (1975).** Estudios de deshidratación del ají panca, mirasol y escabeche. Tesis UNA la Molina Lima. 180 h.
3. **Anzaldua, A. 1994.** La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acriba. Zaragoza. España.
4. **Baldeon. Aldo (1988).** "Elaboración y estudio de estabilización de la pasta de ajo" Tesis UNA. La Molina – Lima
5. **Balbín C. Eduardo (1985).** "Evaluación de la calidad odorífica de ajos por el método de aire caliente" – Tesis UNA. La Molina – Lima.
6. **Bewster, J. L. 1994.** "Onions and other vegetable alliums". CAB International. University Press, Cambridge, England, 236 p.
3. **Braverman, J. B. S. 1976.** "Introducción a la Bioquímica de los Alimentos ". Edit. El Manual Moderno S. A., México.
4. **Brennan, J . B., Butter, Cowell Y Lilly. 1980.** "Las Operaciones de la Ingeniería de Alimentos " .2da .edic . , Edit . Acribia, Zaragoza – España.
5. **Brown, G. (1965).** Operaciones Básicas de la Ingeniería Química, Ed. CECSA, Barcelona, España.
6. **Calzada Benza, José. 1970.** "Métodos Estadísticos para la Investigación ". 3ra. edic. , Edit. Jurídica S. A. Perú.
7. **Collazos, C. 1964.** " La Composición de los Alimentos Peruanos " Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social, Instituto de Nutrición , 3ra. edic. , Lima.
8. **Charley, C. 1987.** Tecnología de los Alimentos: Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos. Editorial LIMUSA, México. 2da Edición, 767 págs.
9. **ChefteL, J. Y Cheftel, H., 1976** "Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos". Vol. I. Editorial Acribia. Zaragoza – España.

10. **Cheftel, J. Y Cheftel, H., 1983** "Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos". Vol. II. Editorial Acribia. Zaragoza – España.
11. **Natural Standard Research Collaboration, 2005.** www.naturalstandard.com
12. **Cordero Bautista Carmen R., 1989.** "Elaboración de una Mezcla a base de Maíz Amarillo Duro, Quinua, Soya, Zanahoria y espinaca".
13. **Desrosier, N. 1977.** "Conservación de los Alimentos". Edit. CECSA. México D. F.
14. **Díaz Cano V. 1962.** Factores de producción e importancia económica del ajo en la campiña de Arequipa". Tesis UNA. La Molina. Lima. Perú.
15. **Escaff, M. 1991.** Variedades de ajo cultivadas en Chile. En: Primer Curso-Taller de Ajos. INIA, Serie La Platina N° 28, Santiago, Chile, 55-74.
16. **Fennema Owen R. 1979** "Química De Los Alimentos", Edit. Acribia-Zaragoza España 1975.
17. **García R., A. (1952).** "Horticultura". Ed. Salvat S.A. Barcelona. España.
18. **Geankoplis, C. J. 1988,** Procesos De Transporte Y Operaciones Unitarias, editorial: CONTINENTAL, S.A. México, D.F. pag.580-585.
19. **Gerhart. Ulrico. 1975.** "Especias y Condimentos". Editorial Acribia. Zaragoza. España.
20. **García Garay Nelson. 2000.** "Manual de prácticas de Microbiología aplicada".
21. **Haciseferogullari Haydar, Muza Osacan, Fikret Demir, Sedat Calisir; 2004.** "Some nutritional and tchnological properties of garlic (*Allium sativum* L.). Konya, Turkey.
22. **INTINTEC (1976).** "Normas Técnicas Nacional" Ajos preparados. 209 – 122. Perú.
23. **INTINTEC (1976).** "Normas Técnicas Nacional" Ajos Liofilizados. 209 – 158. Perú.
24. **Labuza, T., Kaanane, A. y Chen, J (1985).** "Effect of temperatura on the Moisture sortion Isotherms and water Activity Shift of two Dehydrated Food, J. Fd. Sci. 50(2):385-391.

25. **Rito Palomares Marco Antonio 2002.**
http://www.portalagrario.gob.pe/info_agri/ppc_dpto0212.shtml
26. **Martínez, E. 1988.** Manual de Prácticas de Análisis de los Alimentos.
Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto – Perú. 118p.
27. **Madamba PS; Driscoll R H; Bucle K A (1996).** The thin – layer drying characteristics of garlic slices. Journal of Food Engineering. Ankara, Turkey.
28. **Montes y Holle. 1966.** “Cultivo de hortalizas”. Publicación del departamento de horticultura, UNA “La Molina”, Lima.
29. **MINAG 2006.** Direcciones regionales y sub regionales de Ministerio agricultura
30. **Ministerio de Salud, 1982.** “Normas para Especies o condimentos vegetales” Colombia.
31. **Mc Minn, W., Magge, T (1999).** “Isotermas de adsorción de vapor de agua de harina de pescado. I congreso de Ingeniería de alimentos, Campinas, Brasil
32. **Montes, Alfredo. 1964.** “Descripción de algunos cultivos olerícolas”. publicación del Departamento de Horticultura del programa de Agronomía, UNA, Lima.
33. **Norma Técnica Francesa. (1971).** Legumbres deshidratadas y especificaciones NF - V26 (INTINTEC).
34. **Pedrero, D et al. 1996.** Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Editorial Alambra mexicana. México.
35. **Pruthi, L. J.; Sinch y Girdhari. 1959.** “Pilot- plant on the Manufacture of Garlic Powder”. Food – Science, pag. 444
36. **Potter, Norman (1973).** “La ciencia de los alimentos” Ed. Edutex, México D. F.
37. **Pistono J. (1955).** “Deseccación de los productos vegetales” Ed. Reverté. Barcelona España. 258p.
38. **Pezzutti A; Crapiste G H (1997).** Sorptional equilibrium and drying characteristics of garlic. Journal of Food Engineering. Ankara, Turkey.

39. **Resolución ministerial N° 615 – 2003 – SA/DM.** “Criterios microbiológicos de la calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”. Lima – Perú.
40. **Salunkhe. S. Skadam; (2003).** Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas, editorial: ACRIBIA, S. A Zaragoza - España Pág. 407-416.
41. **Salicik A; Unal G; (2005).** Dhydration Characteristics of Kastamonu Garlic Slices. Journal of Food Engineering. Ankara, Turkey.
42. **Shewfelt, R. L.(1988).** “Postharvest treatment for extending the shelf life of fruit and vegetables”. Food technology. 40(5): 70.
43. **Singh y Pruthi. 1959.** “Effect of type of packaging and storage temperature on flavour and colour of de garlic powder”. Food Science. USA.
44. **Schmidt, Hernan. (1980).** “Las Especies”. Ed Fundación Chile. Santiago de Chile. 185p.
45. **Schwimmer S. et al.** “Relación Between Pyruvate content and odor strength of reconstituted onion powder”. Food technology (1231), August. 1964. USA.
46. **Schwimmer, S. y Weston, W** “Enzymatic development of pyruvate acid in onion as a measure of pungency”. Agricultural and food chemistry. vol 9. N°. 4, Jul. 1961.
47. **Stoll, A. y Seebeck, E. 1950.** Über den enzymatischen abbaues alliins und die eigenschaften der alliinase”. Helvetica Chimica acta.
48. **Ureña Rebalta Milber O. 1999** “Evaluación Sensorial de los Alimentos” Primera Edición. Universidad Nacional Agraria la Molina Lima- Perú. Edición Agraria
49. **Van Arsdell, W. 1973.** “Food dehydration” Volumen II. practices and applications AVI. Publishing company Inc. USA.
50. **Vian, A y Oncon, J (1979).** “Elementos de Ingeniería Química (operaciones básicas)” Editorial Aguilar, Madrid, España.
51. **Wolf, W., Speiss, W. And Junk, G. (1985),** “Standardization of isotherm Measurement”. In Properties of water in foods (Simatos, D., Multon, J., eds) pp661 – 667 Martinus Nijhoff Pub netherlands.

VIII.- ANEXOS

ANEXO N° 01

TABLAS DE DATOS DURANTE EL SECADO DE LAS MUESTRAS DE AJO

Secado a 40°C con 2mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
44,3542	41,0153	42,2153	0,6406002	0,6196529	0,3803471
46,4525	42,2754	43,932	0,60340906		
45,6123	41,9533	43,3622	0,61494944		

Tiempo	PM	humedad	Hum.libre	Hum prom
0	181,2	1,63157895	1,33326895	1,55388056
0,25	170,5	1,47618218	1,17787218	1,4013884
0,5	160,2	1,32659463	1,02828463	1,24817009
0,75	149,4	1,16974556	0,87143556	1,09858255
1	139,6	1,02741954	0,72910954	0,97368421
1,25	132,2	0,91994888	0,62163888	0,87274893
1,58	125,7	0,82554897	0,52723897	0,78561055
1,75	120,2	0,74567213	0,44736213	0,71589985
2,25	116,1	0,68612757	0,38781757	0,66143836
2,75	112,7	0,63674916	0,33843916	0,59826304
3,25	107,4	0,55977693	0,26146693	0,52274312
3,75	102,3	0,48570931	0,18739931	0,4501278
4,25	97,4	0,4145463	0,1162363	0,39058325
5,75	94,1	0,36662019	0,06831019	0,34774021
7,42	91,5	0,32886023	0,03055023	0,31578947
12,76	89,7	0,30271872	0,00440872	0,30271872

Secado a 40°C con 3mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
45,6425	42,1817	43,4795	0,625	0,62355043	0,37644957
48,3549	43,0635	45,0576	0,62314321		
48,5315	44,6991	46,1458	0,62250809		

Tiempo	Pm	humedad	Hum.libre	Hum.prom
0	261	1,65957447	1,27005447	1,60709627
0,25	250,7	1,55461808	1,16509808	1,48074101
0,58	236,2	1,40686394	1,01734394	1,33808185
0,91	222,7	1,26929975	0,87977975	1,21019809
1,33	211,1	1,15109644	0,76157644	1,09352327
1,66	199,8	1,03595011	0,64643011	0,99722834
2	192,2	0,95850656	0,56898656	0,92793674
2,33	186,2	0,89736692	0,50784692	0,8657781
2,65	180	0,83418929	0,44466929	0,78425858
3,15	170,2	0,73432787	0,34480787	0,6782832
4,32	159,2	0,62223853	0,23271853	0,56823184
7,49	148,6	0,51422516	0,12470516	0,49486427
9,49	144,8	0,47550338	0,08598338	0,45970898
10,9	141,7	0,44391457	0,05439457	0,4378006
11,9	140,5	0,43168664	0,04216664	0,42404418
12,9	139	0,41640173	0,02688173	0,41283525
13,9	138,3	0,40926877	0,01974877	0,4036643
14,9	137,2	0,39805984	0,00853984	0,39805984

Secado a 40°C con 4mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
46,6449	43,2137	44,4783	0,6314409	0,62924	0,37076
48,3546	43,6987	45,4412	0,62574368		
47,5137	43,7764	45,1572	0,63053541		

Tiempo	pm+mallá	Pm	humedad	Hum.libre	Hum.prom
0	762,8	306,8	1,7027027	1,1930227	1,63927552
0,25	748,4	292,4	1,57584834	1,06616834	1,52123049
0,5	736	280	1,46661264	0,95693264	1,40582825
0,75	722,2	266,2	1,34504387	0,83536387	1,29615208
1	711,1	255,1	1,2472603	0,7375803	1,20057084
1,25	700,5	244,5	1,15388139	0,64420139	1,1182036
1,75	692,4	236,4	1,08252581	0,57284581	1,05125269
2,25	685,3	229,3	1,01997956	0,51029956	0,9917897
2,75	678,9	222,9	0,96359984	0,45391984	0,92792206
3,25	670,8	214,8	0,89224427	0,38256427	0,84247155
4,5	659,5	203,5	0,79269883	0,28301883	0,73587864
6,5	646,6	190,6	0,67905846	0,16937846	0,65174953
7,25	640,4	184,4	0,62444061	0,11476061	0,60285775
8,25	635,5	179,5	0,58127489	0,07159489	0,55925156
10,25	630,5	174,5	0,53722823	0,02754823	0,52929983
12,25	628,7	172,7	0,52137144	0,01169144	0,52137144

Secado a 50°C con 2mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
45,3561	42,0134	43,2112	0,64166692	0,62529946	0,37470054
47,3422	43,2547	44,9204	0,5924893		
45,8024	41,9842	43,3521	0,64174218		

Tiempo	pm+mall	Pm	humedad	Hum.libre	hum.prom.
0	643,5	187,5	1,66666667	1,62277667	1,57066667
0,25	630	174	1,47466667	1,43077667	1,3936
0,5	618,6	162,6	1,31253333	1,26864333	1,23502222
0,75	607,7	151,7	1,15751111	1,11362111	1,08924444
1	598,1	142,1	1,02097778	0,97708778	0,96764444
1,25	590,6	134,6	0,91431111	0,87042111	0,85813333
1,5	582,7	126,7	0,80195556	0,75806556	0,75288889
1,75	575,8	119,8	0,70382222	0,65993222	0,63768889
2,25	566,5	110,5	0,57155556	0,52766556	0,52177778
2,75	559,5	103,5	0,472	0,42811	0,39804444
3,5	549,1	93,1	0,32408889	0,28019889	0,29564444
4	545,1	89,1	0,2672	0,22331	0,24231111
4,33	541,6	85,6	0,21742222	0,17353222	0,19537778
4,66	538,5	82,5	0,17333333	0,12944333	0,1584
4,91	536,4	80,4	0,14346667	0,09957667	0,12426667
6,91	533,7	77,7	0,10506667	0,06117667	0,09937778
7,49	532,9	76,9	0,09368889	0,04979889	0,09226667
8	532,7	76,7	0,09084444	0,04695444	0,088
9	532,3	76,3	0,08515556	0,04126556	0,08302222
10	532	76	0,08088889	0,03699889	0,07377778
11	531	75	0,06666667	0,02277667	0,06311111
11,33	530,5	74,5	0,05955556	0,01566556	0,05244444
11,83	529,5	73,5	0,04533333	0,00144333	0,04533333

Secado a 50°C con 3mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
45,8725	42,2816	43,6089	0,63037122	0,62764506	0,37235494
48,4027	43,2625	45,1605	0,63075367		
48,3815	44,6429	46,0568	0,6218103		

Tiempo	pm+mall	Pm	humedad	Hum.libre	hum.prom.
0	738	282	1,68817204	1,61266204	1,61620148
0,25	722,9	266,9	1,54423092	1,46872092	1,47702661
0,5	708,8	252,8	1,40982231	1,33431231	1,32259971
0,75	690,5	234,5	1,23537711	1,15986711	1,17103256
1	677	221	1,10668802	1,03117802	1,00707313
1,5	656,1	200,1	0,90745825	0,83194825	0,79831084
2,17	633,2	177,2	0,68916343	0,61365343	0,57524975
3,09	609,3	153,3	0,46133608	0,38582608	0,41367345
3,5	599,3	143,3	0,36601083	0,29050083	0,29070388
4,5	583,5	127,5	0,21539693	0,13988693	0,17726683

5,5	575,5	119,5	0,13913673	0,06362673	0,12817433
6,5	573,2	117,2	0,11721193	0,04170193	0,11530542
7,5	572,8	116,8	0,11339892	0,03788892	0,10624952
8,5	571,3	115,3	0,09910013	0,02359013	0,09528712
9,5	570,5	114,5	0,09147411	0,01596411	0,08718447
10,5	569,6	113,6	0,08289484	0,00738484	0,08003508
11,5	569	113	0,07717532	0,00166532	0,07717532

Secado a 50°C con 4mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
45,3561	42,0124	43,2112	0,64147501	0,62366724	0,37633276
47,3422	43,2337	44,9204	0,58946087		
45,8024	41,9742	43,3521	0,64006583		

Tiempo	pm+mallá	Pm	humedad	Hum.libre	hum.prom.
0	759,1	303,1	1,65957447	1,50183447	1,53058818
0,5	729,7	273,7	1,40160189	1,24386189	1,33930239
0,75	715,5	259,5	1,27700289	1,11926289	1,21601957
1	701,6	245,6	1,15503626	0,99729626	1,09756277
1,25	688,5	232,5	1,04008929	0,88234929	0,99841005
1,5	679	223	0,9567308	0,7989908	0,8062468
2,5	644,7	188,7	0,65576279	0,49802279	0,59346329
3	630,5	174,5	0,53116379	0,37342379	0,48290361
3,5	619,5	163,5	0,43464344	0,27690344	0,37892487
4,5	606,8	150,8	0,3232063	0,1654663	0,26573282
7,5	593,7	137,7	0,20825933	0,05051933	0,19772984
8,92	591,3	135,3	0,18720035	0,02946035	0,18369052
9,92	590,5	134,5	0,18018069	0,02244069	0,1757934
10,92	589,5	133,5	0,17140611	0,01366611	0,16921246
11,92	589	133	0,16701882	0,00927882	0,16482518
12,92	588,5	132,5	0,16263153	0,00489153	0,16263153

Secado a 60°C con 2mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
43,581	41,6349	43,3653	0,11083706	0,631026926	0,36897307
44,5471	42,7475	43,4372	0,61674817		
43,4214	40,8076	41,7347	0,64530569		

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	656,5	200,5	1,7027027	1,6725727	1,55644672
0,25	634,8	178,8	1,41019074	1,38006074	1,26932668
0,5	613,9	157,9	1,12846263	1,09833263	0,99433848
0,75	594	138	0,86021433	0,83008433	0,76383366
1	579,7	123,7	0,66745299	0,63732299	0,58859608
1,25	568	112	0,50973917	0,47960917	0,44166611
1,5	557,9	101,9	0,37359304	0,34346304	0,3189998
1,75	549,8	93,8	0,26440655	0,23427655	0,22801105
2	544,4	88,4	0,19161556	0,16148556	0,16532992
2,42	540,5	84,5	0,13904428	0,10891428	0,12758644
2,66	538,8	82,8	0,1161286	0,0859986	0,11006268
2,92	537,9	81,9	0,10399676	0,07386676	0,09590888
3,34	536,7	80,7	0,08782099	0,05769099	0,07703714
4,34	535,1	79,1	0,06625329	0,03612329	0,0581654
5,34	533,9	77,9	0,05007751	0,01994751	0,0433376
6,34	532,9	76,9	0,03659769	0,00646769	0,03524971
7,34	532,6	76,7	0,03390173	0,00377173	0,03255375
8,34	532,3	76,5	0,03120577	0,00107577	0,03120577

Secado a 60°C con 3mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
45,3561	42,0134	43,2112	0,64166692	0,625299465	0,37470054
47,3422	43,2547	44,9204	0,5924893		
45,8024	41,9842	43,3521	0,64174218		

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum.libre	hum.prom.
0	710,9	254,9	1,7027027	1,6722327	1,44823089
0,5	662,9	206,9	1,19375908	1,16328908	1,10257335
0,75	645,7	189,7	1,01138761	0,98091761	0,92921442
1	630,2	174,2	0,84704124	0,81657124	0,70920234
1,5	604,2	148,2	0,57136344	0,54089344	0,48176815
2	587,3	131,3	0,39217287	0,36170287	0,30787908
2,75	571,4	115,4	0,2235853	0,1931153	0,19071602
3,5	565,2	109,2	0,15784674	0,12737674	0,13876136
4,5	561,6	105,6	0,11967597	0,08920597	0,10165089
5,5	558,2	102,2	0,0836258	0,0531558	0,07885445
6,5	557,3	101,3	0,07408311	0,04361311	0,06984191
7,5	556,5	100,5	0,06560071	0,03513071	0,06135952
8,5	555,7	99,7	0,05711832	0,02664832	0,04916607
9,08	554,2	98,2	0,04121383	0,01074383	0,03856308
9,75	553,7	97,7	0,03591233	0,00544233	0,03326159
10,25	553	97,2	0,03061084	0,00014084	0,03061084

Secado a 60°C con 4mm de espesor.

Determinación de sólido seco

pp+mh	pp	pp+ms	h	hprom	ss
45,2741	42,0137	43,2122	0,63240707	0,620768712	0,37923129
47,3482	43,2969	44,9654	0,58815689		
45,8024	41,9842	43,3521	0,64174218		

Tiempo	pm+mall	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	769	313	1,63157895	1,51258895	1,56473852
0,25	753,1	297,1	1,4978981	1,3789081	1,42601312
0,5	736	280	1,35412813	1,23513813	1,26668909
0,75	715,2	259,2	1,17925004	1,06026004	1,11787456
1	700,6	244,6	1,05649908	0,93750908	0,99806625
1,25	686,7	230,7	0,93963343	0,82064343	0,88414327
1,5	673,5	217,5	0,8286531	0,7096631	0,74121406
2	652,7	196,7	0,65377501	0,53478501	0,58567345
2,5	636,5	180,5	0,51757188	0,39858188	0,46292248
3	623,5	167,5	0,40827308	0,28928308	0,37800572
3,5	616,3	160,3	0,34773836	0,22874836	0,32125441
4	610	154	0,29477047	0,17578047	0,26534387
5	603	147	0,23591727	0,11692727	0,21868169
6	598,9	142,9	0,20144611	0,08245611	0,18421053
8	594,8	138,8	0,16697495	0,04798495	0,16361191
9	594	138	0,16024886	0,04125886	0,15688582
10	593,2	137,2	0,15352278	0,03453278	0,13670758
12,92	589,2	133,2	0,11989238	0,00090238	0,11989238

MUESTRAS SECADAS CON 5% DE DEXTRINA

Espesor 2mm y T° = 60°C con 5% de dextrina

Tiempo	pm+mall	Pm	humedad	Hum. libre	Hum prom.
0	654,5	212	1,3255814	1,2862414	1,19997806
0,25	631,6	189,1	1,07437473	1,03503473	0,96193506
0,5	611,1	168,6	0,84949539	0,81015539	0,76612549
0,75	595,9	153,4	0,68275559	0,64341559	0,60377358
1	581,5	139	0,52479158	0,48545158	0,47103993
1,25	571,7	129,2	0,41728828	0,37794828	0,36792453
1,5	562,7	120,2	0,31856077	0,27922077	0,28400614
1,75	556,4	113,9	0,24945151	0,21011151	0,22257569
2	551,5	109	0,19569987	0,15635987	0,18089074
2,25	548,8	106,3	0,16608161	0,12674161	0,150724
2,5	546	103,5	0,13536639	0,09602639	0,13262396
2,75	545,5	103	0,12988153	0,09054153	0,12549364
3	544,7	102,2	0,12110575	0,08176575	0,11726634

3,25	544	101,5	0,11342694	0,07408694	0,09477841
4,25	540,6	98,1	0,07612988	0,03678988	0,07338745
4,5	540,1	97,6	0,07064502	0,03130502	0,06845108
4,75	539,7	97,2	0,06625713	0,02691713	0,0635147
5	539,2	96,7	0,06077227	0,02143227	0,05912681
5,25	538,9	96,4	0,05748135	0,01814135	0,05583589
5,5	538,6	96,1	0,05419043	0,01485043	0,05254498
5,75	538,3	95,8	0,05089952	0,01155952	0,04815709
6,75	537,8	95,3	0,04541466	0,00607466	0,0437692
7,75	537,5	95	0,04212374	0,00278374	0,04212374

Espesor 2mm y T° = 50°C con 5% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	636	193,5	1,38095238	1,31528238	1,24929248
0,25	614,6	172,1	1,11763258	1,05196258	1,01242771
0,5	597,5	155	0,90722284	0,84155284	0,79832657
0,75	579,8	137,3	0,68943029	0,62376029	0,63221361
1	570,5	128	0,57499692	0,50932692	0,46917682
1,5	553,3	110,8	0,36335671	0,29768671	0,31106189
2,08	544,8	102,3	0,25876707	0,19309707	0,22739018
2,5	539,7	97,2	0,19601329	0,13034329	0,18001723
3	537,1	94,6	0,16402116	0,09835116	0,14925557
3,5	534,7	92,2	0,13448997	0,06881997	0,13448997
4	533,7	92,2	0,13448997	0,06881997	0,12833764
4,5	533,1	91,2	0,12218531	0,05651531	0,11849391
5	532,4	90,6	0,11480251	0,04913251	0,11049588
5,5	531	89,9	0,10618925	0,04051925	0,09757598
6	531,7	88,5	0,08896272	0,02329272	0,08465608
8,33	530,3	87,8	0,08034945	0,01467945	0,07604282
9,33	529,6	87,1	0,07173619	0,00606619	0,06927526
10,33	529,2	86,7	0,06681432	0,00114432	0,06681432

Espesor 2mm y T° = 40°C con 5% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	632,6	190,1	1,5	1,442	1,39873751
0,25	617,2	174,7	1,29747501	1,23947501	1,22382956
0,5	606	163,5	1,15018411	1,09218411	1,04103104
0,75	589,4	146,9	0,93187796	0,87387796	0,85494477
1	577,7	135,2	0,77801157	0,72001157	0,63269332
1,58	555,6	113,1	0,48737507	0,42937507	0,43542872
2,33	547,7	105,2	0,38348238	0,32548238	0,36244082
2,58	544,5	102	0,34139926	0,28339926	0,31838506
2,83	541	98,5	0,29537086	0,23737086	0,2769595
3,16	538,2	95,7	0,25854813	0,20054813	0,25263019
3,41	537,3	94,8	0,24671226	0,18871226	0,23947922
3,58	536,2	93,7	0,23224619	0,17424619	0,21909521
4,08	534,2	91,7	0,20594424	0,14794424	0,19345082
4,58	532,3	89,8	0,18095739	0,12295739	0,17306681

5,08	531,1	88,6	0,16517622	0,10717622	0,15991583
5,58	530,3	87,8	0,15465544	0,09665544	0,1500526
6,08	529,6	87,1	0,14544976	0,08744976	0,14150447
6,58	529	86,5	0,13755918	0,07955918	0,13427144
7,08	528,5	86	0,13098369	0,07298369	0,1283535
7,58	528,1	85,6	0,1257233	0,0677233	0,12243556
8,08	527,6	85,1	0,11914782	0,06114782	0,11191478
10,08	526,5	84	0,10468175	0,04668175	0,10007891
12,08	525,8	83,3	0,09547607	0,03747607	0,09218832

Espeor 3mm y T° = 60°C con 5% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	708,7	266,2	1,5	1,45017	1,37227648
0,25	681,5	239	1,24455297	1,19472297	1,13044703
0,5	657,2	214,7	1,0163411	0,9665111	0,91867017
0,75	636,4	193,9	0,82099925	0,77116925	0,72896319
1	616,8	174,3	0,63692712	0,58709712	0,5575695
1,42	599,9	157,4	0,47821187	0,42838187	0,39181067
1,92	581,5	139	0,30540947	0,25557947	0,27066116
2,42	574,1	131,6	0,23591285	0,18608285	0,19975582
2,92	566,4	123,9	0,1635988	0,1137688	0,13965064
4,25	561,3	118,8	0,11570248	0,06587248	0,10959805
4,92	560	117,5	0,10349361	0,05366361	0,09832832
5,42	558,9	116,4	0,09316304	0,04333304	0,08987603
5,92	558,2	115,7	0,08558903	0,03675903	0,08424117
6,42	557,7	115,2	0,08189331	0,03206331	0,07860631
6,92	557	114,5	0,07531931	0,02548931	0,07203231
7,42	556,3	113,8	0,0687453	0,0189153	0,06639745
7,92	555,8	113,3	0,06404959	0,01421959	0,0621713
8,42	555,4	112,9	0,06029301	0,01046301	0,0588843
8,92	555,1	112,6	0,05747558	0,00764558	0,0555973
9,42	554,7	112,2	0,05371901	0,00388901	0,05371901

Espeor 3mm y T° = 50°C con 5% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	713,8	271,3	1,5	1,43115	1,42397715
0,25	697,3	254,8	1,34795429	1,27910429	1,3180059
0,41	690,8	248,3	1,2880575	1,2192075	1,10514191
1	651,1	208,6	0,92222632	0,85337632	0,87661261
1,25	641,2	198,7	0,83099889	0,76214889	0,77018061
1,58	628	185,5	0,70936233	0,64051233	0,64577958
2	614,2	171,7	0,58219683	0,51334683	0,52137855
2,5	601	158,5	0,46056027	0,39171027	0,39237007
3	586,2	143,7	0,32417987	0,25532987	0,29284924
3,5	579,4	136,9	0,26151861	0,19266861	0,25230372
4	577,4	134,9	0,24308883	0,17423883	0,22143384
4,5	572,7	130,2	0,19977884	0,13092884	0,1910247
5	570,8	128,3	0,18227055	0,11342055	0,17213417

5,5	568,6	126,1	0,16199779	0,09314779	0,15554736
6	567,2	124,7	0,14909694	0,08024694	0,14310726
6,5	565,9	123,4	0,13711758	0,06826758	0,13481386
7	565,4	122,9	0,13251014	0,06366014	0,11822705
9	562,3	119,8	0,10394397	0,03509397	0,09657206
11	560,7	118,2	0,08920015	0,02035015	0,08182823
22	559,1	116,6	0,07445632	0,00560632	0,07307409
24	558,8	116,3	0,07169185	0,00284185	0,07077036
24,5	558,6	116,1	0,06984888	0,00099888	0,06984888

Espesor 3mm y T° = 40°C con 5% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	706,2	263,7	1,56410256	1,48026256	1,47561818
0,25	688	245,5	1,38713379	1,30329379	1,30399736
0,5	670,9	228,4	1,22086092	1,13702092	1,11536031
0,83	649,2	206,7	1,00985969	0,92601969	0,96756221
1,08	640,5	198	0,92526472	0,84142472	0,87713311
1,33	630,6	188,1	0,82900149	0,74516149	0,75753333
1,91	615,9	173,4	0,68606517	0,60222517	0,62432057
2,41	603,2	160,7	0,56257597	0,47873597	0,52125084
2,91	594,7	152,2	0,47992571	0,39608571	0,4405453
3,41	586,6	144,1	0,40116488	0,31732488	0,36907714
3,91	580	137,5	0,33698939	0,25314939	0,31608374
4,41	575,7	133,2	0,29517809	0,21133809	0,27621715
4,91	571,8	129,3	0,25725621	0,17341621	0,24801882
5,41	569,9	127,4	0,23878144	0,15494144	0,2310026
5,91	568,3	125,8	0,22322375	0,13938375	0,20377663
7,41	564,3	121,8	0,18432951	0,10048951	0,17411977
10,41	562,2	119,7	0,16391004	0,08007004	0,15564501
12,91	560,5	118	0,14737999	0,06353999	0,12696051
22,91	556,3	113,8	0,10654104	0,02270104	0,1007069
26,91	555,1	112,6	0,09487277	0,01103277	0,09146952

Espesor 4mm y T° = 60°C y 5% de dextrina.

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	835,01	352,01	1,65957447	1,65957447	1,53740374
0,5	802,67	319,67	1,41523301	1,41523301	1,35622537
0,75	787,05	304,05	1,29721774	1,29721774	1,23945675
1	771,76	288,76	1,18169576	1,18169576	1,12518141
1,25	756,8	273,8	1,06866705	1,06866705	1,01880145
1,5	743,6	260,6	0,96893584	0,96893584	0,80978146
2,5	701,47	218,47	0,65062707	0,65062707	0,59993037
3	688,05	205,05	0,54923367	0,54923367	0,49936807
3,5	674,85	191,85	0,44950246	0,44950246	0,42166083
4,5	667,48	184,48	0,3938192	0,3938192	0,33938259
7,5	653,07	170,07	0,28494597	0,28494597	0,27497285
8,92	650,43	167,43	0,26499972	0,26499972	0,26167535

9,92	649,55	166,55	0,25835098	0,25835098	0,25419551
10,92	648,45	165,45	0,25004004	0,25004004	0,24796231
11,92	647,9	164,9	0,24588458	0,24588458	0,24380684
12,92	647,35	164,35	0,24172911	0,24172911	0,23984026
15,35	646,85	163,85	0,23795141	0,23795141	0,23606256
18,15	646,35	163,35	0,23417371	0,23417371	0,2281294
24,52	644,75	161,75	0,22208508	0,22208508	0,22208508

Espesor 4mm y T° = 60°C y 10% de dextrina.					
Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	hum.prom.
0	835,01	365,01	1,65957447	1,65957447	1,5417549
0,5	802,67	332,67	1,42393534	1,42393534	1,36702929
0,75	787,05	317,05	1,31012324	1,31012324	1,25441944
1	771,76	301,76	1,19871563	1,19871563	1,14421406
1,25	756,8	286,8	1,08971249	1,08971249	1,04162288
1,5	743,6	273,6	0,99353326	0,99353326	0,84004723
2,5	701,47	231,47	0,6865612	0,6865612	0,63767008
3	688,05	218,05	0,58877897	0,58877897	0,54068935
3,5	674,85	204,85	0,49259974	0,49259974	0,4657497
4,5	667,48	197,48	0,43889966	0,43889966	0,38640183
7,5	653,07	183,07	0,333904	0,333904	0,32428607
8,92	650,43	180,43	0,31466815	0,31466815	0,31146218
9,92	649,55	179,55	0,3082562	0,3082562	0,30424873
10,92	648,45	178,45	0,30024126	0,30024126	0,29823753
11,92	647,9	177,9	0,2962338	0,2962338	0,29423006
12,92	647,35	177,35	0,29222633	0,29222633	0,29040475
15,35	646,85	176,85	0,28858317	0,28858317	0,2867616
18,15	646,35	176,35	0,28494002	0,28494002	0,27911098
24,52	644,75	174,75	0,27328193	0,27328193	0,27328193

Espesor 2mm y T° = 60°C con 10% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	Hum prom.
0	637,5	195	1,5	1,46066	1,3224359
0,25	609,8	167,3	1,14487179	1,10553179	0,96987179
0,5	582,5	140	0,79487179	0,75553179	0,69166667
0,75	566,4	123,9	0,58846154	0,54912154	0,51602564
1	555,1	112,6	0,44358974	0,40424974	0,39230769
1,25	547,1	104,6	0,34102564	0,30168564	0,31153846
1,5	542,5	100	0,28205128	0,24271128	0,25641026
1,75	538,5	96	0,23076923	0,19142923	0,21858974
2	536,6	94,1	0,20641026	0,16707026	0,18076923
2,42	532,6	90,1	0,15512821	0,11578821	0,14358974
2,92	530,8	88,3	0,13205128	0,09271128	0,1275641
3,42	530,1	87,6	0,12307692	0,08373692	0,11666667
3,92	529,1	86,6	0,11025641	0,07091641	0,10512821

4,42	528,3	85,8	0,1	0,06066	0,0974359
4,82	527,9	85,4	0,09487179	0,05553179	0,09423077
5,25	527,8	85,3	0,09358974	0,05424974	0,08717949
6,42	526,8	84,3	0,08076923	0,04142923	0,07564103
6,92	526	83,5	0,07051282	0,03117282	0,06730769
7,42	525,5	83	0,06410256	0,02476256	0,06153846
7,92	525,1	82,6	0,05897436	0,01963436	0,05897436

Espesor 2mm y T° = 50°C con 10% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	Hum prom.
0	639,8	197,3	1,56410256	1,48343256	1,39450531
0,25	613,7	171,2	1,22490805	1,14423805	1,08845049
0,5	592,7	150,2	0,95199293	0,87132293	0,88051516
0,75	581,7	139,2	0,80903739	0,72836739	0,74145841
1	571,3	128,8	0,67387942	0,59320942	0,60565064
1,25	560,8	118,3	0,53742186	0,45675186	0,4938854
1,5	554,1	111,6	0,45034894	0,36967894	0,42175783
1,75	549,7	107,2	0,39316673	0,31249673	0,34768087
2,17	542,7	100,2	0,30219502	0,22152502	0,27295411
2,67	538,2	95,7	0,24371321	0,16304321	0,22746826
3,17	535,7	93,2	0,21122331	0,13055331	0,19432856
3,67	533,1	90,6	0,17743382	0,09676382	0,17093584
4,17	532,1	89,6	0,16443786	0,08376786	0,15858968
4,67	531,2	88,7	0,1527415	0,0720715	0,14624352
5,17	530,2	87,7	0,13974554	0,05907554	0,13519695
5,67	529,5	87	0,13064837	0,04997837	0,12804918
6,17	529,1	86,6	0,12544999	0,04477999	0,1215512
6,67	528,5	86	0,11765241	0,03698241	0,11570302
7,17	528,2	85,7	0,11375362	0,03308362	0,11050463
7,67	527,7	85,2	0,10725564	0,02658564	0,10595605
8,17	527,5	85	0,10465645	0,02398645	0,10270706

Espesor 2mm y T° = 40°C con 10% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	Hum prom.
0	636,7	194,2	1,52381509	1,44904509	1,44648914
0,25	624,8	182,3	1,36916319	1,29439319	1,28144047
0,5	611,3	168,8	1,19371775	1,11894775	1,11314281
0,75	598,9	156,4	1,03256787	0,95779787	0,97668525
1	590,3	147,8	0,92080263	0,84603263	0,81098678
1,58	573,4	130,9	0,70117094	0,62640094	0,62969317
2,16	562,4	119,9	0,5582154	0,4834454	0,52052712
2,38	556,6	114,1	0,48283884	0,40806884	0,40616268
3,58	544,8	102,3	0,32948653	0,25471653	0,30154522
4,16	540,5	98	0,27360391	0,19883391	0,25475977
4,86	537,6	95,1	0,23591563	0,16114563	0,22941765
5,29	536,6	94,1	0,22291967	0,14814967	0,20537513
6,51	533,9	91,4	0,18783058	0,11306058	0,17028604

9,58	531,2	88,7	0,1527415	0,0779715	0,13974554
14,16	529,2	86,7	0,12674958	0,05197958	0,11180423
23,66	526,9	84,4	0,09685888	0,02208888	0,09620908
25,83	526,8	84,3	0,09555928	0,02078928	0,09490948
26,5	526,7	84,2	0,09425969	0,01948969	0,08581231
34,45	525,4	82,9	0,07736494	0,00259494	0,07736494

Espesor 3mm y T° = 60°C con 10% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	Hum prom.
0	711	268,5	1,5	1,45317	1,40130354
0,25	689,8	247,3	1,30260708	1,25577708	1,17411546
0,5	662,2	219,7	1,04562384	0,99879384	0,93668529
0,83	638,8	196,3	0,82774674	0,78091674	0,72532588
1,25	616,8	174,3	0,62290503	0,57607503	0,58566108
1,42	608,8	166,3	0,54841713	0,50158713	0,48975791
1,67	596,2	153,7	0,4310987	0,3842687	0,37430168
2,09	584	141,5	0,31750466	0,27067466	0,28212291
2,59	576,4	133,9	0,24674115	0,19991115	0,21554935
3,09	569,7	127,2	0,18435754	0,13752754	0,16480447
3,59	565,5	123	0,1452514	0,0984214	0,13500931
4,09	563,3	120,8	0,12476723	0,07793723	0,11499069
4,59	561,2	118,7	0,10521415	0,05838415	0,09916201
5,09	559,9	117,4	0,09310987	0,04627987	0,08845438
5,59	558,9	116,4	0,08379888	0,03696888	0,08054004
6,09	558,2	115,7	0,07728119	0,03045119	0,07402235
6,59	557,5	115	0,0707635	0,0239335	0,06843575
7,09	557	114,5	0,06610801	0,01927801	0,06378026
8,09	556,5	114	0,06145251	0,01462251	0,05819367

Espesor 3mm y T° = 50°C con 10% de dextrina

Tiempo	pm+malla	Pm	humedad	Hum. libre	Hum prom.
0	713,6	271,1	1,5	1,44515	1,41931022
0,25	696,1	253,6	1,33862044	1,28377044	1,25331981
0,5	677,6	235,1	1,16801918	1,11316918	0,96698635
1,17	634	191,5	0,76595352	0,71110352	0,74935448
1,34	630,4	187,9	0,73275544	0,67790544	0,70232387
1,59	623,8	181,3	0,67189229	0,61704229	0,61748432
1,92	612	169,5	0,56307636	0,50822636	0,5261896
2,25	604	161,5	0,48930284	0,43445284	0,4607156
2,58	597,8	155,3	0,43212837	0,37727837	0,40769089
2,83	592,5	150	0,38325341	0,32840341	0,36158244
3,08	587,8	145,3	0,33991147	0,28506147	0,30717447
3,58	580,7	138,2	0,27443748	0,21958748	0,24953892
4,08	575,3	132,8	0,22464035	0,16979035	0,21265216
4,58	572,7	130,2	0,20066396	0,14581396	0,19236444
5,08	570,9	128,4	0,18406492	0,12921492	0,17253781
5,58	568,4	125,9	0,1610107	0,1061607	0,15547768

6,08	567,2	124,7	0,14994467	0,09509467	0,12504611
9,08	561,8	119,3	0,10014755	0,04529755	0,09784212
11,08	561,3	118,8	0,0955367	0,0406867	0,09369236
13,08	560,9	118,4	0,09184803	0,03699803	0,07386573
23,28	557	114,5	0,05588344	0,00103344	0,05588344

Espesor 3mm y T° = 50°C con 10% de dextrina

Tiempo	pm+mallá	Pm	humedad	Hum. libre	Hum prom.
0	718,3	275,8	1,5	1,41444	1,44108049
0,25	705,3	262,8	1,38216099	1,29660099	1,3286802
0,5	693,5	251	1,27519942	1,18963942	1,21582669
0,75	680,4	237,9	1,15645395	1,07089395	1,11249094
1	670,7	228,2	1,06852792	0,98296792	1,02365845
1,33	660,8	218,3	0,97878898	0,89957416	0,94117114
1,66	652,5	210	0,9035533	0,8179933	0,83828861
2,44	638,1	195,6	0,77302393	0,68746393	0,72996737
3,02	628,6	186,1	0,6869108	0,6013508	0,66651559
3,43	624,1	181,6	0,64612038	0,56056038	0,59535896
4,18	612,9	170,4	0,54459753	0,45903753	0,52782814
4,6	609,2	166,7	0,51105874	0,42549874	0,49292966
4,93	605,2	162,7	0,47480058	0,38924058	0,45304569
5,43	600,4	157,9	0,43129079	0,34573079	0,41452139
5,93	596,7	154,2	0,39775199	0,31219199	0,35968093
7,1	588,3	145,8	0,32160986	0,23604986	0,30257433
7,93	584,1	141,6	0,2835388	0,1979788	0,26858231
8,76	580,8	138,3	0,25362582	0,16806582	0,20694344
13,84	570,5	128	0,16026106	0,07470106	0,13442712
23,59	564,8	122,3	0,10859318	0,02303318	0,10632705
24,59	564,3	121,8	0,10406091	0,01850091	0,10179478

ANEXO N° 02

RESULTADOS DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA LA CINÉTICA DE SECADO

Resultados de Cinética de Secado Sin Dextrina.

Effect Estimates; Var.:HUMEDAD; R-sqr=.96188; Adj:.89835										
2 3-level factors, 1 Blocks, 9 Runs; MS Residual=.0058951										
DV: HUMEDAD										
					-95.%	+95.%		Std.Err.	-95.%	+95.%
	Effect	Std.Err.	t(3)	p	Cnf.Limt	Cnf.Limt	Coeff.	Coeff.	Cnf.Limt	Cnf.Limt
Mean/Interc.	0,304	0,025593209	11,878151	0,00128308	0,22255099	0,38544901	0,304	0,02559	0,22259	0,38544901
(1)ESPESOR (L)	0,24466667	0,062690303	3,90278329	0,02986551	0,04515814	0,44417519	0,1223	0,03134	0,02257907	0,22208759
ESPESOR (Q)	-0,021	0,054291395	-0,38680163	0,7247087	-0,19377945	0,15177945	-0,0105	0,0271	-0,0968892	0,07588972
(2)TEMPERAT(L)	-0,458	0,062690303	-7,3057551	0,0052958	-0,65750852	-0,25849148	-0,229	0,03134	-0,3287542	-0,1292457
TEMPERAT(Q)	-0,121	0,054291395	-2,22871415	0,11213049	-0,29377945	0,05177945	-0,0605	0,0271	-0,1468897	0,02588972
1L by 2L	-0,108	0,076779627	-1,40662314	0,25423284	-0,35234704	0,13634704	-0,054	0,03838	-0,1761735	0,06817352

ANOVA; Var.:HUMEDAD; R-sqr=.96188; Adj:.89835 (sr-hum.sta)					
2 3-level factors, 1 Blocks, 9 Runs; MS Residual=.0058951					
DV: HUMEDAD					
	SS	df	MS	F	p
(1)ESPESOR L+Q	0,09067467	2	0,04533733	7,69066647	0,06593506
(2)TEMPERAT L+Q	0,343928	2	0,171964	29,1706122	0,01081567
1*2	0,011664	1	0,011664	1,97858866	0,25423284
Error	0,01768533	3	0,00589511		
Total SS	0,463952	8			

Regr. Coefficients; Var.:HUMEDAD; R-sqr=.96188; Adj:.89835						
2 3-level factors, 1 Blocks, 9 Runs; MS Residual=.0058951						
DV: HUMEDAD						
	Regressn				-95. %	+95. %
	Coeff.	Std.Err.	t(3)	p	Cnf.Limt	Cnf.Limt
Mean/Interc.	3,39133333	1,52172021	2,22861819	0,11214049	-1,4514595	8,23412619
(1)ESPESOR (L)	0,26633333	0,37939289	0,70199875	0,53324221	-0,9410642	1,47373083
ESPESOR (Q)	0,021	0,05429139	0,38680163	0,7247087	-0,1517794	0,19377945
(2)TEMPERAT(L)	-0,1277	0,05558795	-2,2972602	0,10525251	-0,3046056	0,04920568
TEMPERAT(Q)	0,00121	0,00054291	2,22871415	0,11213049	-0,0005177	0,00293779
1L by 2L	-0,0054	0,00383898	-1,4066231	0,25423284	-0,0176173	0,00681735

Resultados de Cinética de Secado con 5% de Dextrina.

					-95. %	+95. %		Std.Err.	-95. %
	Effect	Std.Err.	t(2)	p	Cnf.Limt	Cnf.Limt	Coeff.	Coeff.	Cnf.Limt
Mean/Interc.	0,14666667	0,00117851	124,450793	6,456E-05	0,14159594	0,15173739	0,14666667	0,00117851	0,14159594
(1)ESPESOR	0,06666667	0,00235702	28,2842712	0,00124766	0,05652522	0,07680812	0,03333333	0,00117851	0,02826261
(2)TEMPERAT	-0,145	0,00288675	-50,229473	0,00039612	-0,1574206	-0,1325793	-0,0725	0,00144338	-0,0787103
1 by 2	-0,035	0,00288675	-12,124355	0,00673408	-0,0474206	-0,0225793	-0,0175	0,00144338	-0,0237103

Resultados de Cinética de Secado con 10% de Dextrina.

ANOVA; Var.:HUMEDAD; R-sqr=.99942; Adj:.99856 (sr-h-5.sta)					
2 Factor Screening Design; MS Residual=.0000083					
DV: HUMEDAD					
	SS	df	MS	F	p
(1)ESPESOR	0,00666667	1	0,00666667	800	0,00124766
(2)TEMPERAT	0,021025	1	0,021025	2523	0,00039612
1 by 2	0,001225	1	0,001225	147	0,00673408
Error	1,6667E-05	2	8,3333E-06		
Total SS	0,02893333	5			

Regr. Coefficients; Var.:HUMEDAD; R-sqr=.99942; Adj:.99856						
2 Factor Screening Design; MS Residual=.0000083						
DV: HUMEDAD						
	Regressn				-95. %	+95. %
	Coeff.	Std.Err.	t(2)	p	Cnf.Limt	Cnf.Limt
Mean/Interc.	-0,095	0,03728643	-2,5478438	0,12565991	-0,2554305	0,06543055
(1)ESPESOR	0,24166667	0,01462494	16,5242836	0,00364231	0,17874063	0,30459271
(2)TEMPERAT	0,0015	0,00073598	2,03809866	0,17841617	-0,0016666	0,00466667
1 by 2	-0,0035	0,00028868	-12,124355	0,00673408	-0,0047420	-0,0022579

Effect Estimates; Var.:HUMEDAD; R-sqr=.93576; Adj:.83941										
2 Factor Screening Design; MS Residual=.0032167										
DV: HUMEDAD										
					-95. %	+95. %		Std.Err.	-95. %	+95. %
	Effect	Std.Err.	t(2)	p	Cnf.Limt	Cnf.Limt	Coeff.	Coeff.	Cnf.Limt	Cnf.Limt
Mean/Interc.	0,205	0,02315407	8,85373373	0,01251792	0,10537606	0,30462394	0,205	0,02315407	0,10537606	0,30462394
(1)ESPESOR	0,09666667	0,04630815	2,08746568	0,17210413	-0,1025812	0,29591454	0,04833333	0,02315407	-0,0512906	0,14795727
(2)TEMPERAT	-0,26	0,05671567	-4,5842713	0,04443618	-0,5040278	-0,0159721	-0,13	0,02835783	-0,2520139	-0,0079860
1 by 2	-0,11	0,05671567	-1,9394994	0,19199152	-0,3540278	0,13402781	-0,055	0,02835783	-0,1770139	0,06701391

ANOVA; Var.:HUMEDAD; R-sqr=.93576; Adj:.83941 (sr-h-10.sta)					
2 Factor Screening Design; MS Residual=.0032167					
DV: HUMEDAD					
	SS	df	MS	F	p
(1)ESPESOR	0,01401667	1	0,01401667	4,35751295	0,17210413
(2)TEMPERAT	0,0676	1	0,0676	21,015544	0,04443618
1 by 2	0,0121	1	0,0121	3,76165803	0,19199152
Error	0,00643333	2	0,00321667		
Total SS	0,10015	5			

ANEXO 03

EVOLUCIÓN SENSORIAL

Formato de la evaluación sensorial

Ante usted; hay 2 muestras marcadas en clave, evalúe cada una, colocando una X según la escala que crea conveniente para olor y sabor respectivamente:

Producto: ...ajo deshidratado..... Fecha:..... Hora:

Panelista:.....

	575		231	
ESCALA	OLOR	SABOR	OLOR	SABOR
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo.				

COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS:

.....
.....
.....

MUCHAS GRACIAS

EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA ELECCIÓN DE LA MEJOR TEMPERATURA DE SECADO.

JUECES	T = 60°C E = 2mm.	T = 50°C E = 2mm	TOTAL
1	1	2	3
2	3	0	3
3	2	0	2
4	2	1	3
5	3	0	3
6	1	1	2
7	2	2	4
8	0	1	1
9	2	1	3
10	3	2	5
11	2	1	3
12	1	0	1
13	3	2	5
14	1	0	1
15	2	1	3
16	0	1	1
17	1	1	2
18	3	0	3
19	2	0	2
20	1	0	1
TOTAL	35	16	51
PROMEDIO	1,75	0,8	

EVALUACIÓN SENSORIAL DE SABOR

$$SCT = 1^2 + 3^2 + \dots + 0^2$$

$$SCT = 103$$

$$F_c = \frac{51^2}{(20 \times 2)}$$

$$F_c = 65$$

$$SCB = \frac{159}{2} - 65$$

$$SCB = 14.5$$

$$SCT = \frac{35^2 + 16^2}{20} - 65$$

$$SCT = 9$$

$$\xi_{ij} = 103 - 65 - 9$$

$$\xi_{ij} = 29$$

ANVA PARA LOS DATOS DEL OLOR DEL AJO.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	14.5	0.8		
Tratamientos	1	9	9	5.88*	4.38
Error experimental	19	29	1.53		
Total	39				

Prueba al 5%

Tratamiento = F tabla (3.66, 0.05) = 4.38 → * **significativa**

PRUEBA DE TUKEY AL 5%

$$W = q_{0.05} (2.19) = 2.96$$

$$S\hat{Y} = (1.53/20)^{1/2} = 0.28$$

$$W = 2.96 \times 0.28$$

$$\Rightarrow W = 0.83$$

Ordenando los promedios en forma descendientes
(TRATAMIENTO)

1.75

0.8

$$\Rightarrow 1.75 - 0.8 = 0.95 > 0.83 \text{ Significativa}$$

EVALUACIÓN SENSORIAL DE SABOR

$$SCT = 1^2 + 3^2 + \dots + 0^2$$

$$SCT = 96$$

$$Fc. = \frac{46^2}{(20 \times 2)}$$

$$Fc. = 52.90$$

$$SCB = \frac{138}{2} - 52.90$$

$$SCB = 16.10$$

$$SCT = \frac{32^2 + 14^2}{20} - 52.90$$

$$SCT = 8.10$$

$$\xi_{ij} = 96 - 52.90 - 8.10$$

$$\xi_{ij} = 35$$

ANVA para los Datos del Sabor del Ajo.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	16	0.8		
Tratamientos	1	8	8	4.34*	2.99
Error experimental	19	35	1.84		
Total	39				

Prueba al 1%

Tratamiento = F tabla (3.66, 0.05) = 2.99 → * **significativa**

PRUEBA DE TUKEY AL 1%

$$W = q_{0.05}(2.19) = 4.05$$

$$S\hat{Y} = (1.84/20)^{1/2} = 0.30$$

$$W = 4.05 \times 0.30$$

$$\Rightarrow W = 1.21$$

Ordenando los promedios en forma descendientes

(TRATAMIENTO)

1.6

0.7

$$\Rightarrow 1.6 - 0.7 = 0.9 < 1.21 \text{ NO Significativa}$$

Evaluación Sensorial entre muestra con dextrina y sin dextrina a 60°C con 2mm de Espesor el mismo día del molido.

N°	5% de dextrina		0% de dextrina	
	Olor	Sabor	Olor	Sabor
1	1	3	1	2
2	1	1	2	2
3	1	1	2	1
4	1	1	0	2
5	2	1	0	2
6	2	1	2	2
7	1	0	1	2
8	0	0	1	1
9	1	0	0	2
10	1	1	0	1
11	2	1	2	2
12	2	1	0	2
13	1	1	2	3
14	1	2	2	0
15	1	1	1	0
16	1	2	1	2
17	1	0	1	0
18	2	2	2	2
19	1	1	2	2
20	1	0	1	0
Total	19	19	37	34
Promedio	0,95	0,95	1,85	1,7

EVALUACION SENSORIAL DEL OLOR

$SCT = 0^2 + 1^2 + + 3^2$

SCT = 112
 56^2

$Fc. = \frac{\hspace{1cm}}{(20 \times 2)}$

Fc. = 78.4
 178

$SCB = \frac{\hspace{1cm}}{2} - 78.4$

SCB = 10.6

$SCT = \frac{19^2 + 37^2}{20} - 78.4$

SCT = 8.1

$\xi_{ij} = 112 - 78.4 - 8.1$

$\xi_{ij} = 25.5$

ANVA para los Datos para el Olor del Ajo en Polvo.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	10.6	0.56		
Tratamientos	1	8.10	8.10	6.00*	4.38
Error experimental	19	25.5	1.34		
Total	39				

Prueba al 5%

Tratamiento = F tabla (3.66, 0.05) = 4.38 → * significativa

Prueba de Tukey al 5%

$$W = q_{0.05} (2.19) = 2.96$$

$$S\hat{Y} = (1.34/20)^{1/2} = 0.26$$

$$W = 2.96 \times 0.26$$

$$\Rightarrow W = 0.77$$

Ordenando los promedios en forma descendientes
(TRATAMIENTO)

1.85

0.95

$$\Rightarrow 1.85 - 0.95 = 0.9 > 0.77 \text{ *Significativa}$$

EVALUACIÓN SENSORIAL DEL SABOR

$$SCT = 2^2 + 1^2 + \dots + 3^2$$

$$SCT = 101$$

$$Fc. = \frac{53^2}{(20 \times 2)}$$

$$Fc. = 70.22$$

$$SCB = \frac{167}{2} - 70.22$$

$$SCB = 13.28$$

$$SCT = \frac{19^2 + 34^2}{20} - 70.22$$

$$SCT = 5.63$$

$$\xi_{ij} = 101 - 70.22 - 5.63$$

$$\xi_{ij} = 25.15$$

ANVA para los Datos para el Sabor del Ajo en Polvo.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	13.28	0.7		
Tratamientos	1	5.63	5.63	4.33*	2.99
Error experimental	19	25.15	1.30		
Total	39				

Prueba al 1%

Tratamiento = F tabla (1.19, 0.05) = 2.99 → * **significativa**

PRUEBA DE TUKEY AL 1%

$$W = q_{0.05}(2.19) = 4.05$$

$$S\hat{Y} = (1.30/20)^{1/2} = 0.25$$

$$W = 4.05 \times 0.25$$

$$\Rightarrow W = 1$$

Ordenando los promedios en forma descendientes
(TRATAMIENTO)

1.7

0.95

$$\Rightarrow 1.7 - 0.95 = 0.75 < 0.1 \text{ NO Significativa.}$$

***RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PRODUCTO FINAL.**

ATRIBUTO		T \ J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Prom.
Olor	PD.	T1	2	1	2	2	2	0	2	0	2	2	2	1	1	2	1	1	1	2	0	2	1,4
		T2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	1	1	0	1	1	2	0	1	2	0	2	1,0
		T3	0	1	0	1	-1	1	-1	0	2	1	1	0	1	1	1	0	1	-1	0	2	0,5
	EL	T1	2	0	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	0	1	2	2	1,4
		T2	3	2	1	2	0	2	2	3	2	3	2	2	3	0	1	2	3	0	2	3	1,9
		T3	2	1	3	2	2	1	2	1	2	2	0	1	3	0	3	2	1	0	2	1	1,55
Sabor	PD.	T1	1	1	1	1	1	1	2	0	2	2	1	2	2	1	1	0	1	2	0	2	1,2
		T2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	1	1	0	1	1	1	0	1	2	0	2	0,95
		T3	2	1	0	1	-1	1	-1	0	2	1	1	0	1	1	1	0	1	-1	0	2	0,6
	EL	T1	2	1	3	2	1	2	2	1	2	1	2	2	3	1	2	2	2	2	1	2	1,8
		T2	3	2	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	0	1	2	3	0	2	3	2
		T3	1	2	2	2	3	1	1	0	2	3	2	1	3	1	2	0	1	2	2	1	1,6

Fuente: Elaboración propia

Donde:

PD = Polietileno de alta Densidad.

T1 = 1 Mes de almacenamiento.

T3 = 3 meses de almacenamiento.

EL = Empaque Laminado.

T2 = 2 meses de almacenamiento.

* Todos estos resultados son obtenidos de muestras secadas a 60°C, 2mm de espesor y 0% de dextrina.

EVALUACIÓN SENSORIAL CON UN MES DE ALMACENAMIENTO

575.- muestra seca a 60° C con un mes de almacenamiento en empaque de polietileno de alta densidad, secado en estado natural.

231.- muestra seca a 60° C con un mes de almacenamiento en empaque laminado, secado en estado natural.

Todas estas muestras corresponden a 2mm de espesor.

EVALUACIÓN DEL OLOR DEL AJO EN POLVO

N°	575	231	TOTAL
	OLOR	OLOR	
1	2	2	5
2	1	0	3
3	2	2	6
4	2	1	3
5	2	1	3
6	0	1	3
7	2	1	4
8	0	2	3
9	2	2	4
10	2	1	3
11	2	2	6
12	1	2	3
13	1	1	4
14	2	2	6
15	1	1	3
16	1	2	4
17	1	0	2
18	2	1	5
19	0	2	4
20	2	2	5
Total	28	28	79
Promedio		26.33	

Cálculos:

$$C = \frac{(79)^2}{20 \times 3}$$

C = 104.02

$$SCP = \frac{5^2 + 3^2 + 6^2 + \dots + 4^2 + 5^2}{3} - 104.02$$

SCP = 113 – 104.02

SCP = 8.98

$$SCtt = \frac{23^2 + 28^2 + 28^2}{20} - 104.02$$

SCtt = 104.85 – 104.02

SCtt = 0.83

SC total = 1² + 2² + 2² + + 1² + 2² + 2² - 104.02

SC totales = 137- 104.02

SC totales = 32.98

SCE = 32.98 – 8.98 – 0.83

SCE = 23.17

ANVA PARA OLOR DE LOS AJOS

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft _{&} = 0.5
Jueces	19	8.98	0.47	1.12	
Tratamientos	2	0.83	0.415	0.68	3.23
Error experimental	38	23.17	0.61		
Total	59				

EVALUACIÓN DEL SABOR DEL AJO EN POLVO

Nº	575	231	Total
	SABOR	SABOR	
1	1	2	5
2	1	1	4
3	1	3	5
4	1	2	5
5	1	1	4
6	1	2	5
7	2	2	6
8	0	1	2
9	2	2	6
10	2	1	4
11	1	2	5
12	2	2	6
13	2	3	8
14	1	1	2
15	1	2	3
16	0	2	4
17	1	2	3
18	2	2	6
19	0	1	3
20	2	2	4
Total	24	36	
Prom.	1,2	1,8	90

Cálculos:

$$C = \frac{(90)^2}{20 \times 3}$$

$C = 135$

$$SCP = \frac{5^2 + 4^2 + 5^2 + + 3^2 + 4^2}{3} - 104.02$$

$SCP = 149.33 - 135$

$SCP = 14.33$

$$SC_{tt} = \frac{30^2 + 24^2 + 36^2}{20} - 104.02$$

$$SC_{tt} = 138.6 - 135$$

$$SC_{tt} = 3.6$$

$$SC_{total} = 2^2 + 1^2 + 2^2 + \dots + 22 + 2^2 - 135$$

$$SC_{totales} = 170 - 135$$

$$SC_{totales} = 35$$

$$SCE = 35 - 14.33 - 3.6$$

$$SCE = 24.27$$

ANVA PARA SABOR DE LOS AJOS

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft _α = 0.5
Jueces	19	14.33	0.75		
Tratamientos	2	3.6	1.8	2.81	3.23
Error experimental	38	24.27	0.64		
Total	59				

EVALUACIÓN SENSORIAL CON DOS MESES DE ALMACENAMIENTO

271.- muestra de ajo en polvo con dos meses de almacenamiento en papel polietileno de alta densidad a temperatura ambiente secado a 60° C

535.- muestra de ajo en polvo con dos meses de almacenamiento en papel laminado a temperatura ambiente, secado a 60° C.

Todas estas muestras corresponden a 2mm de espesor.

EVALUACIÓN DEL OLOR DEL AJO EN POLVO

Nº	535	271	TOTAL
	OLOR	OLOR	
1	3	0	3
2	2	1	3
3	1	0	1
4	2	1	3
5	0	2	2
6	2	1	3
7	2	2	4
8	3	0	3
9	2	2	4
10	3	1	4
11	2	1	3
12	2	0	2
13	3	1	4
14	0	1	1
15	1	2	3
16	2	0	2
17	3	1	4
18	0	2	2
19	2	0	2
20	3	2	5
TOTAL	38	20	58
PROM.	1,9	1	

$SCT = 2^2 + 1^2 + + 2^2$

$SCT = 124$
 58^2

$Fc. = \frac{58^2}{(20 \times 2)}$

$Fc. = 84$

$$SCB = \frac{190}{2} - 84$$

$$SCB = 11$$

$$SCT = \frac{38^2 + 20^2}{20} - 84$$

$$SCT = 8.20$$

$$\xi_{ij} = 124 - 84 - 8.20$$

$$\xi_{ij} = 31.8$$

ANVA PARA LOS DATOS DEL OLOR DEL AJO EN POLVO.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	11	0.6		
Tratamientos	1	8.20	8.20	4.91*	4.38
Error experimental	19	31.8	1.67		
Total	39				

Prueba al 5%

Tratamiento = F tabla (1.19, 0.05) = 4.38 → * significativa

PRUEBA DE TUKEY AL 5%

$$W = q_{0.05}(2.19) = 2.96$$

$$S\hat{Y} = (1.67/20)^{1/2} = 0.29$$

$$W = 2.96 \times 0.29$$

$$\Rightarrow W = 0.85$$

Ordenando los promedios en forma descendientes

(TRATAMIENTO)

1.9

1.0

$$\Rightarrow 1.9 - 1.0 = 0.9 < 0.85 \text{ Significativo}$$

EVALUACIÓN DEL SABOR DEL AJO EN POLVO

Nº	535	271	TOTAL
	SABOR	SABOR	
1	3	0	3
2	2	1	3
3	1	0	1
4	2	1	3
5	3	2	5
6	2	1	3
7	2	2	4
8	3	0	3
9	2	2	4
10	2	1	3
11	2	1	3
12	2	0	2
13	3	1	4
14	0	1	1
15	1	1	2
16	2	0	2
17	3	1	4
18	0	2	2
19	2	0	2
20	3	2	5
TOTAL	40	19	59
PROM.	2	0,95	

$$SCT = 3^2 + 1^2 + \dots + 2^2$$

$$SCT = 125$$

$$F_c = \frac{59^2}{(20 \times 2)}$$

$$F_c = 87$$

$$SCB = \frac{199}{2} - 87$$

$$SCB = 12.5$$

$$SCT = \frac{40^2 + 19^2}{20} - 87$$

$$SCT = 11.05$$

$$\xi_{ij} = 125 - 87 - 12.5$$

$$\xi_{ij} = 25.5$$

ANVA PARA LOS DATOS DEL SABOR DEL AJO EN POLVO.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	12.5	0.7		
Tratamientos	1	11.5	11.5	8.58*	4.38
Error experimental	19	25.5	1.34		
Total	39				

Prueba al 5%

Tratamiento = F tabla (1.19, 0.05) = 4.38 → * significativa

PRUEBA DE TUKEY AL 5%

$W = q_{0.05}(2.19) = 2.96$

$S\hat{Y} = (1.34/20)^{1/2} = 0.25$

$W = 2.96 \times 0.25$

$\Rightarrow W = 0.74$

Ordenando los promedios en forma descendientes

(TRATAMIENTO)

2.0

0.95

$\Rightarrow 2.0 - 0.95 = 1.1 > 0.74$ Significativo

EVALUACIÓN SENSORIAL DE MUESTRAS CON TRES MESES DE ALMACENAMIENTO.

213.- muestra de ajo en polvo con tres meses de almacenamiento en papel laminado.

709.- muestra de ajo en polvo con tres meses de almacenamiento en papel polietileno de alta densidad.

EVALUACIÓN SENSORIAL DEL OLOR

Nº	213	709	TOTAL
	OLOR	OLOR	
1	2	0	2
2	1	1	2
3	3	0	3
4	2	1	3
5	2	-1	1
6	1	1	2
7	2	-1	1
8	1	0	1
9	2	2	4
10	2	1	3
11	0	1	1
12	1	0	1
13	3	1	4
14	0	1	1
15	3	1	4
16	2	0	2
17	1	1	2
18	0	-1	-1
19	2	0	2
20	1	2	3
TOTAL	31	10	41
PROM.	1,55	0,5	

$SCT = 2^2 + 1^2 + + 2^2$

SCT = 85

$$Fc. = \frac{41^2}{(20 \times 2)}$$

Fc. = 42

$$SCB = \frac{115}{2} - 42$$

SCB = 15.5

$$SCT = \frac{31^2 + 10^2}{20} - 42$$

$$SCT = 11.05$$

$$\xi_{ij} = 85 - 42 - 11.05$$

$$\xi_{ij} = 31.95$$

ANVA PARA LOS DATOS DEL OLOR DEL AJO EN POLVO.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	15.5	0.8		
Tratamientos	1	11.05	11.05	6.58*	4.38
Error experimental	19	31.95	1.68		
Total	39				

Prueba al 5%

Tratamiento = F tabla (1.19, 0.05) = 4.38 → * **significativa**

PRUEBA DE TUKEY AL 5%

$$W = q_{0.05}(2.19) = 2.96$$

$$S\hat{Y} = (1.34/20)^{1/2} = 0.29$$

$$W = 2.96 \times 0.29$$

$$\Rightarrow W = 0.86$$

Ordenando los promedios en forma descendientes

(TRATAMIENTO)

1.55

0.5

$$\Rightarrow 1.55 - 0.5 = 1.05 > 0.86 \quad \text{*Significativo}$$

EVALUACIÓN SENSORIAL DEL SABOR DE AJOS

Nº	213	709	TOTAL
	SABOR	SABOR	
1	1	2	3
2	2	1	3
3	2	0	2
4	2	1	3
5	3	-1	2
6	1	1	2
7	1	-1	0
8	0	0	0
9	2	2	4
10	3	1	4
11	2	1	3
12	1	0	1
13	3	1	4
14	1	1	2
15	2	1	3
16	0	0	0
17	1	1	2
18	2	-1	1
19	2	0	2
20	1	2	3
TOTAL	32	12	44
PROM.	1,6	0,6	

$SCT = 1^2 + 1^2 + + 2^2$

SCT = 90

$Fc. = \frac{44^2}{(20 \times 2)}$

Fc. = 48.4

$SCB = \frac{128}{2} - 48.4$

SCB = 15.6

$SCT = \frac{32^2 + 12^2}{20} - 48.4$

SCT = 10

$\xi_{ij} = 90 - 48.4 - 10$

$\xi_{ij} = 31.60$

ANVA PARA LOS DATOS DEL SABOR DEL AJO EN POLVO.

Fuente de Variación	Gr. De L	S. C	C. M	Fc.	Ft.
Jueces	19	15.6	0.8		
Tratamientos	1	10.0	10.0	6.0*	4.38
Error experimental	19	31.60	1.66		
Total	39				

Prueba al 5%

Tratamiento = F tabla (1.19, 0.05) = 4.38 → * significativa

PRUEBA DE TUKEY AL 5%

$$W = q_{0.05}(2.19) = 2.96$$

$$S\hat{Y} = (1.60/20)^{1/2} = 0.29$$

$$W = 2.96 \times 0.28$$

$$\Rightarrow W = 0.8$$

Ordenando los promedios en forma descendientes

(TRATAMIENTO)

1.6

0.6

$$\Rightarrow 1.6 - 0.6 = 1.0 > 0.8 \text{ *Significativo.}$$

ANEXO 04

ISOTERMAS DE ADSORCIÓN

Ecuación de BET:

$$X = X_m \frac{Ca_w}{(1 - a_w)[1 + (C - 1)a_w]},$$

Ecuación de BET linealizada:

$$\frac{a_w}{X(1 - a_w)} = \frac{1}{X_m C} + \frac{C - 1}{X_m C} a_w \qquad \text{ó} \qquad Y = Ax + B \quad ; \quad \text{para}$$

$$Y = \frac{a_w}{X(1 - a_w)} \quad ; \quad A = \frac{C - 1}{X_m C} \quad ; \quad B = \frac{1}{X_m C}$$

X_m = Humedad de monocapa

a_m = actividad de agua

C = parámetro

Además se puede concluir que:

$$A = (C - 1)B \quad , \quad C = \frac{A}{B} + 1 \quad , \quad X_m = \frac{1}{BC} . \qquad \dots\dots\dots (\alpha)$$

Utilizando el método de mínimos cuadrados para un ajuste lineal de los datos de la tabla

Aw	Hum	Y aw/(H(1-aw))	aw ²	aw * Y
0,00	0,00152883	0	0,00	0
0,11	0,04475345	2,76169767	0,01	0,30378674
0,33	0,05184579	9,50004416	0,11	3,13501457
0,64	0,1332049	13,3461892	0,41	8,54156107
0,87	0,19096334	35,0449863	0,76	30,489138
0,92	0,37494371	30,6712705	0,85	28,2175688
1,00	0,57296261	174529,714	1,00	174527,969
3,87	1,37	174621,04	3,13	174598,66

se tiene que minimizar : $f(A, B) = \sum_{i=1}^n [Y_i - (Ax_i + B)]^2$

obteniéndose los valores de $A; B$:

$$a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right) - 2\sum_{i=1}^n (X_i Y_i)}{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2 - 2\left(\sum_{i=1}^n X_i^2\right)}$$

$$b = \frac{1}{n} \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)\sum_{i=1}^n (X_i Y_i) - \left(\sum_{i=1}^n X_i^2\right)\sum_{i=1}^n Y_i}{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2 - 2\left(\sum_{i=1}^n X_i^2\right)} \right]$$

Reemplazando valores se tiene:

$$a = 78503,22289$$

$$b = -18455,09279$$

Luego.

$$a = (C-1)/XmC$$

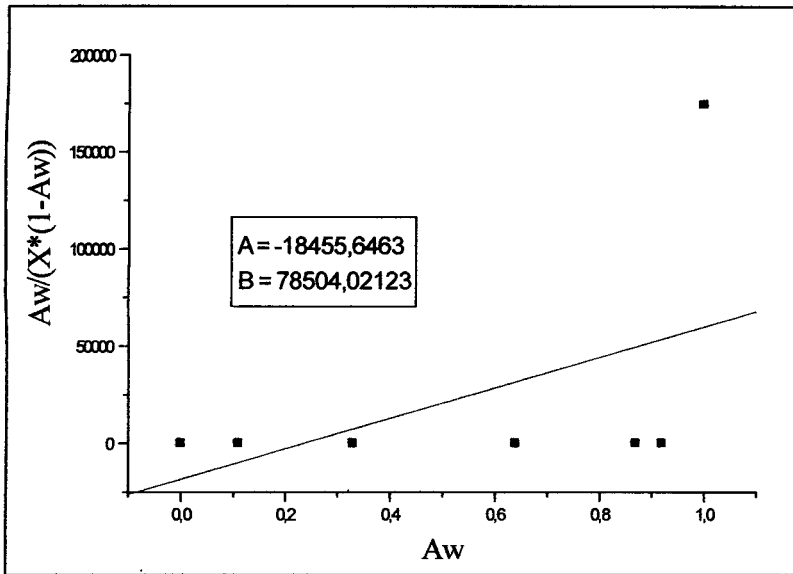
$$b = 1/XmC$$

$$XmC = 1/b$$

$$XmC = -5,41856E-05$$

$$C = -3,253743061$$

$$Xm = 1,66533E-05$$



Ecuación de BET linealizada.

Ecuación de GAB:

$$X = X_m \frac{Cka_w}{(1 - ka_w)[1 + (C - 1)ka_w]}$$

C y k = parámetros

Ecuación de G.A.B. linealizada:

$$\frac{a_w}{x} = \frac{k(1-c')}{x_m' \cdot c'} a_w^2 + \frac{c' - 2}{x_m' \cdot c'} a_w + \frac{1}{x_m' \cdot c' \cdot k}$$

$$\text{ó } Y = aX^2 + bX + C$$

por mínimos cuadrados tenemos:

$$f(a, b, c) = \sum_{i=1}^n [Y_i - (ax_i^2 + bx_i + c)]^2$$

Derivando tenemos:

$$a = \frac{k(1-c')}{x_m' \cdot c'}$$

$$b = \frac{c' - 2}{x_m' \cdot c'}$$

$$c = \frac{1}{x_m' \cdot c' \cdot k}$$

Estadísticamente tenemos:

$$a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \right) \left[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 \right] + (\sum x_i) \left[(\sum x_i^2) - n \sum x_i^3 \right] + (\sum y_i) \left[(\sum x_i^3) (\sum x_i) - (\sum x_i^2)^2 \right]}{(\sum x_i^4) \left[n \sum (x_i^2) - (2x_i)^2 \right] + (\sum x_i^2) \left[2(\sum x_i) (\sum x_i^3) - (\sum x_i^2)^2 \right] - n(\sum x_i^3)^2}$$

$$b = \frac{(\sum x_i^2) \left[(\sum x_i) (\sum x_i^2) - (\sum x_i^3)^2 \right] + (\sum x_i y_i) \left[n \sum x_i^4 - (\sum x_i^2)^2 \right] + (2y_i) \left[(\sum x_i^2) (\sum x_i^3) - (\sum x_i) (\sum x_i^4) \right]}{(2x_i^4) \left[n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2 \right] + (\sum x_i^2) \left[2(\sum x_i) (\sum x_i^3) - (\sum x_i^2)^2 \right] - n(\sum x_i^3)^2}$$

$$c = \frac{(\sum x_i^3) \left[(\sum x_i) (\sum x_i^2) - (\sum y_i) (\sum x_i^3) \right] + (\sum x_i^2) \left[(\sum y_i) (\sum x_i^4) - (\sum x_i^2) (\sum x_i^2 y_i) \right] + (\sum x_i y_i) \left[(\sum x_i^2) (x_i^3) - (\sum x_i) (\sum x_i^4) \right]}{(\sum x_i^4) \left[n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2 \right] + (\sum x_i^2) \left[2(\sum x_i) (\sum x_i^3) - (\sum x_i^2)^2 \right] - n(x_i^3)^2}$$

ANEXO 05

NORMAS LEGALES PARA EL AJO PULVERIZADO

Norma Francesa (N F) : legumbres deshidratadas

Registro: Ajos deshidratados V – 26 – 005

Especificaciones Nov. 1971

PREFACIO

La presente norma está en concordancia los trabajos llevados a cabo en el seno del sub comité 7 “Especies” en unión con el sub comité 3 “Frutas y Legumbres” del comité ISO/TC34 “Productos Agrícolas Alimenticios” de la Organización Internacional de Normalización (ISO)

1.-OBJETO

La presente norma tiene por objeto fijar las especificaciones del ajo deshidratado.

2.- DEFINICIÓN.

Por “ajo deshidratado” se entiende el producto obtenido deshidratando dientes de ajo sano (*Allium Sativum* L.) que responde a las especificaciones de la presente norma.

3.- DESIGNACIÓN

El ajo deshidratado es designado por su nombre seguido de su presentación y de la preferencia a la presente norma. Ejemplo: Ajo deshidratado, polvo NF V26 – 005.

4.- PRESENTACIÓN

En el comercio, el ajo deshidratado se presenta bajo diferentes formas, principalmente:

- En polvo.
- En grano.
- En flocones.
- En pedazos.

El color del ajo deshidratado debe ser entre blanco y crema pálido, la palidez del a coloración es la mejor indicación de la calidad.

El producto debe estar exento de partículas de color anormal, de apariencia quemada, tostada o cocinada y de aglomerados.

5.- ESPECIFICACIONES

5.1.- OLOR

El olor del Ajo deshidratado debe ser característico, picante y exento de olores extraños provenientes principalmente de partículas enmohecidas, ranciadas o quemadas.

El sabor del producto no aparece si no después de la rehidratación.

El olor y el sabor del Ajo deshidratado deben ser característicos del Ajo y exento de olores y sabores extraños provenientes de partículas mogociadas, ranciadas o quemadas.

5.2. Enmohecimiento

Los envíos de Ajos deben estar exentos de insectos vivos y de enmohecimiento y prácticamente exento de insectos muertos, de fragmentos de insectos y de ataques de sarna visibles al Ajo. Toda vez la identificación de trazas sospechosas por ejemplo una lupa de aumento de 10 X, se debe mencionar esta operación de ensayo.

En el caso del ajo deshidratado en polvo, efectuar esta verificación por el método de determinación de impurezas contenidas en el cuadro de especias “especias y aromáticos”. Determinación del contenido de impurezas.

5.3. Materias Extrañas

La proporción de partículas gruesas, de envolturas y de raíces provenientes del a planta no debe ser inferior a 0.5 5 de la masa.

La cantidad total de materias extrañas no debe pasar del 0.5 % de la masa.

Los Ajos deshidratados deben estar exentos de aditivos o de productos diferentes tales como harina, almidón, materias minerales o sales, así como de materiales colorantes.

5.4.- Características químicas

El Ajo deshidratado debe satisfacer las características de su composición original.

ANEXO 06

PROPIEDADES MEDICINALES DEL AJO.

El ajo es una planta medicinal que todos deberíamos usar y conocer, si somos observadores hay muchas personas que han vivido muchos años y eran consumidores habituales de ajos.

Sus propiedades están basadas sobre todo en la gran cantidad de azufre que contiene, además tiene calcio, fósforo, hierro, sodio, potasio, vitaminas A, B, C y Nicotinamida.

Es un alimento que produce calor y sequedad, por lo tanto está indicado en todas las dolencias donde exista frío y humedad como los catarros, reumatismos, etc.

Sistema cardiocirculatorio.

Es un excelente depurador de sustancias tóxicas y por eso debemos tomarlo siempre que nos hayamos intoxicado, por ejemplo con marisco o pescado.

Disminuye notablemente los niveles de grasas como el colesterol, los triglicéridos y el ácido úrico,

Hace la sangre más fluida, con lo cual previene la formación de trombos y coágulos.

Inhibe en la sangre el crecimiento y desarrollo de bacterias peligrosas como la de la meningitis, tifus, difteria, neumonías y las responsables de diferentes abscesos.

Actúa favoreciendo la disminución de glucosa en la sangre por lo que conviene a los diabéticos.

Regula la tensión arterial, sobre todo cuando está alta debido a que produce vaso dilatación, disminuye el número de latidos cardiacos, de ahí que sea muy útil para prevenir y curar anginas e infartos.

Previene la arteriosclerosis con la formación de placas en las arterias.

Aparato locomotor.

En la artrosis, osteoporosis, reumatismo, al favorecer la eliminación de residuos tóxicos de las articulaciones y aumentar la micro circulación con el consiguiente aumento de nutrientes y minerales al hueso y articulaciones.

Aparato digestivo.

Es un antibiótico potente, elimina las bacterias perjudiciales y respeta la flora bacteriana (bacterias intestinales buenas).

Elimina los gases intestinales y las putrefacciones.

Favorece las digestiones al ayudar a las segregaciones salivares y gástricas.

Previene y cura la apendicitis.

Mata toda clase de parásitos intestinales, tipo larvas y lombrices.

Corta la diarrea y es laxante en el caso de estreñimiento.

Aumenta la secreción biliar y estimula su expulsión desde la vesícula al tubo digestivo.

Órganos sexuales.

Úsalo en el caso de tener impotencia o frigidez, aumenta además el apetito sexual.

En la mujer regula la regla, la favorece, y la hace más abundante. No usarlo si hay cualquier hemorragia o exceso de sangrado al menstruar.

Aparato respiratorio.

Desinfecta todo: garganta, faringe, bronquios, útil en resfriados, bronquitis, neumonías.

Expectorante y descongestionante.

Bueno en el asma.

Sirve para limpiar los efectos del tabaco a nivel pulmonar.

Piel.

Cicatriza heridas que no cierran. Se fríen ajos en aceite de coco y se echa la herida.

En los piojos y caspa untar la cabeza con ajo y miel.

Aplicado externamente quita las verrugas.

Útil en el herpes y en los hongos externos e internos.

Sistema endocrino.

Aumenta el funcionamiento de la glándula tiroides, por lo cual está indicado en la obesidad y el hipotiroidismo.

Estimula la liberación a la sangre de la insulina por parte del páncreas por lo que ayuda en la diabetes a regular los niveles de glucosa.

Favorece la secreción de corticoides internos por las glándulas suprarrenales, de ahí la clave de todas sus propiedades, pues ya se sabe que la medicina utiliza los corticoides en procesos alérgicos, problemas pulmonares, reumatismos.

Sistema inmunitario o defensivo:

Fortifica la defensa frente a cualquier clase de infección (bacterias, virus, hongos, parásitos), como por ejemplo: En la peste de Tolouse en 1620 usaron el ajo cuatro ladrones para saquear las casas en las que estaban los que habían muerto por esa enfermedad, después confesaron su secreto.

También impide y previene cualquier clase de cáncer.

Aparato urinario:

Estimula la formación abundante de orina, con lo que ayuda a eliminar toxinas.

Sistema nervioso:

Se sabe que el ajo es un antidepresivo por excelencia, debido a que aumenta enormemente la vitalidad, y por consiguiente la calidad de vida. Mantiene la mente despejada y lúcida.

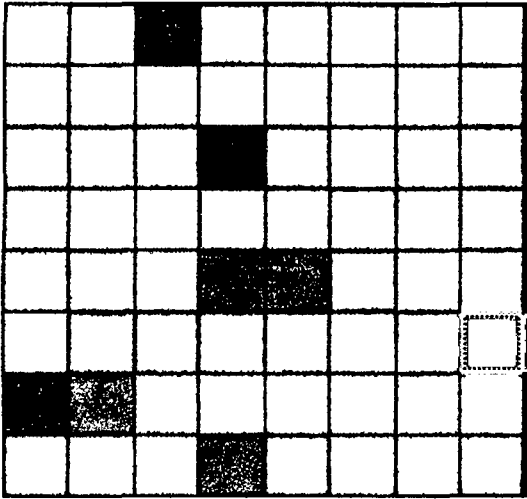
Queridos amigos espero que a partir de ahora utilicéis el ajo crudo a diario en vuestra alimentación, por ejemplo añadiéndolo a las ensaladas, untándolo en el pan tostado, o con la famosa receta catalana del allioli (ajoaceite), se machaca una cabeza de ajos con sal y se va añadiendo, dando vueltas con el mortero, aceite de oliva, debe quedar una salsa espesa.

Si queréis saber la dosis diaria recomendable sería un diente de ajo al día, pero en casos de dolencias graves, como reumatismo deben tomarse varios. Siempre tiene mucho más poder curativo en estado natural que en forma de cápsulas, una forma de tomarlo si sienta mal o se repite es cortándolo en trocitos echándolo con un poco de agua en un vaso y beberlo como si fuera una pastilla sin masticarlo.

ANEXO N° 07

TABLA DE COLORES

Paleta: Paleta RGB predeterminada



Tinta: 100

Referencia

Anterior:

Nuevo:

Componentes

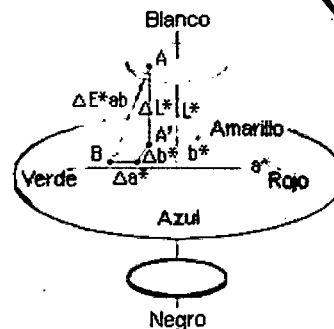
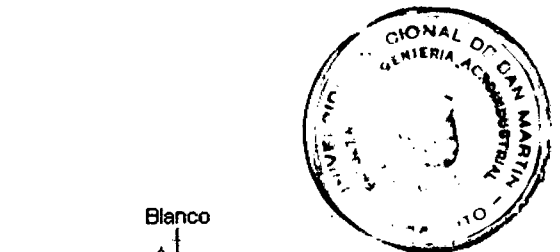
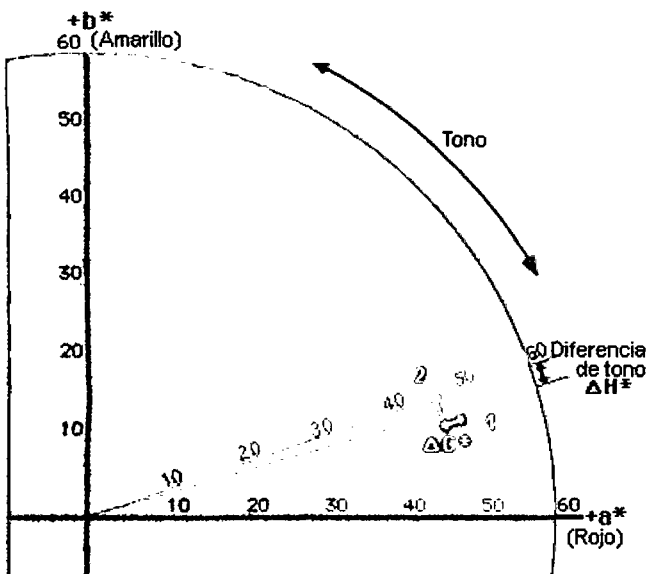
R 204	R 204
G 102	G 102
B 153	B 153

Nombre:

Rosa azulado

Fuente: Corel Corporation. 2000-2003.

DIFERENCIA DE COLOR POR CIELab



A: color de referencia
 B: color del espécimen
 A: color de referencia con la misma claridad que el color del espécimen